

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉDUCATION, DISTANCE À LA FRONTIÈRE TECHNOLOGIQUE ET
CROISSANCE ÉCONOMIQUE : UNE ANALYSE DE PANEL

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉCONOMIQUE

PAR

JEPHTÉ SIMON

AOÛT 2014

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements à Dieu pour mes études qu'il a rendues possibles. À ma femme Gaëlle Dorelis pour le grand sacrifice consenti pendant cette longue absence, son soutien permanent et le témoignage de son amour. À mes enfants Jephté Junior Warren Simon et Ann-Gaëlle Dorine Simon pour leur patience dans l'attente du retour de leur père.

Au corps professoral pour toute la transmission du savoir et du savoir-faire. À toute l'équipe du Département des cycles supérieurs en économique de l'UQAM pour la qualité de leurs services. À mon directeur de mémoire Wilfried Koch pour sa disponibilité, ses précieuses recommandations, son encouragement et son sens de l'encadrement tout le long de ce travail de recherche, je suis énormément reconnaissant. À Hervé Gérard Zongo pour m'avoir initié à La TeX.

Au Gouvernement du Canada par le biais du Programme canadien de bourses de la francophonie et à toute l'équipe de l'agence d'exécution du programme, j'exprime toute ma gratitude.

Enfin, je dédie ce mémoire à toute ma famille, à ma mère Marlène Cervilien pour tout son soutien maternel et à mon défunt père Tony Simon qui était plus que fier de moi et qui m'a conduit sur les voies éternelles.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
RÉSUMÉ	vii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
REVUE DE LITTÉRATURE	4
1.1 Revue de littérature théorique	4
1.2 Revue de littérature empirique	8
CHAPITRE II	
CADRE THÉORIQUE DU MODÈLE EMPIRIQUE	11
2.1 Environnement de l'économie	11
2.2 La dynamique de la productivité	12
2.3 Principaux résultats analytiques et prédictions du modèle	14
2.3.1 Les principaux résultats analytiques	14
2.3.2 Les prédictions théoriques du modèle	17
2.4 Cas particulier où l'éducation supérieure représente la fraction qualifiée de la force de travail	18
CHAPITRE III	
LE MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE	20
3.1 Les données	20
3.2 La mesure des variables	22
3.2.1 Le taux de croissance moyen de la productivité totale des facteurs	22
3.2.2 Les principaux régresseurs	24
3.2.3 Les variables de contrôle	24
3.3 Spécification du modèle	25
3.3.1 Spécification du modèle en coupe transversale	25
3.3.2 Spécification du modèle en panel	25

3.3.3	Signes attendus pour les variables d'intérêt	26
3.4	Méthodologie d'estimation	27
CHAPITRE IV		
	PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS EMPIRIQUES	30
4.1	Les statistiques descriptives	30
4.2	Analyse des résultats en coupe transversale	32
4.3	Analyse des résultats en panel	36
4.3.1	Résultats en panel statique	36
4.3.2	Résultats en panel dynamique	39
4.4	Analyse de robustesse : principaux résultats avec la mesure alternative de la productivité totale des facteurs (PTF)	41
	CONCLUSION	44
APPENDICE A		
	LISTE DES PAYS UTILISÉS DANS L'ANALYSE EMPIRIQUE	48
APPENDICE B		
	STATISTIQUES DESCRIPTIVES DU PANEL ET RÉSULTATS DES RÉGRESSIONS EN PANEL DYNAMIQUE POUR 19 PAYS DE L'OCDE . . .	50
	BIBLIOGRAPHIE	53

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
2.1 Intensité relative des facteurs et spécialisation de l'économie	16
4.1 Taux de croissance moyen de la PTF et distance initiale à la frontière . .	32
4.2 Taux de croissance moyen de la PTF et niveau d'éducation non supérieure	33
4.3 Taux de croissance moyen de la PTF et niveau d'éducation supérieure .	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
4.1 Statistiques descriptives de la coupe	31
4.2 Régression en coupe de pays	35
4.3 Régression en panel statique	37
4.4 Régression en panel dynamique	40
4.5 Régression en panel dynamique - 2ème mesure de la PTF	42
A.1 Classification des pays de l'échantillon en 2010	49
B.1 Statistiques descriptives du panel	51
B.2 Régression en panel dynamique pour 19 pays de l'OCDE	52

RÉSUMÉ

Ce mémoire traite de la relation entre l'éducation et la croissance en tenant compte de la distance à la frontière technologique mondiale. Dans l'article de base à ce travail de recherche, Vandenbussche, Aghion et Meghir (2006) en décomposant le capital humain vérifie leurs prédictions théoriques pour 19 pays de l'OCDE, sur la période 1960-2000, et montrent l'impact positif de l'éducation supérieure sur la croissance pour les pays proches de la frontière technologique résolvant ainsi le problème soulevé par Krueger et Lindahl (2001) qui n'ont pas trouvé de lien significatif pour les pays de l'OCDE.

Ce travail de recherche vérifie les implications de la première prédiction théorique de Vandenbussche et *al.* (2006) pour un échantillon élargi de 91 pays dont 26 pays à revenus élevés et 20 à faibles revenus et sur une période plus longue (1960-2010). L'estimation économétrique procède essentiellement en panel après une première estimation en coupe sur l'ensemble des pays. En panel, nous utilisons, comme pour ces auteurs, la méthode de l'estimateur *within* avec variables instrumentales en tenant compte des effets fixes *pays* et de *temps*. Puis, le passage en panel dynamique permet d'estimer le modèle en première différence et en niveau par la méthode système GMM d'Arellano-Bover (1995) et Blundell-Bond (1998) en utilisant toujours les effets fixes. Dans tous les cas, on contrôle pour certaines variables qui peuvent influencer la croissance.

Les résultats confirment la prédiction théorique pour les pays à revenus élevés et pour les mêmes 19 pays de l'OCDE sur une plus longue période. Ainsi, plus un pays se rapproche de la frontière technologique mondiale ou en d'autres termes du niveau de développement du leader technologique mondial (États-Unis-d'Amérique) plus l'éducation supérieure est importante pour améliorer sa croissance. Par contre, les estimations sur l'échantillon des pays à bas revenus ne permet pas de confirmer le lien prédit entre l'éducation non supérieure et la croissance pour ces pays qui sont éloignés de la frontière technologique mondiale sur la période 1960-2010.

Mots clés : Éducation, capital humain, distance à la frontière technologique, croissance économique, productivité totale des facteurs.

INTRODUCTION

Selon Aghion et Howit (2000) « l'éducation est un processus qui produit du capital humain à partir de capital humain ». Du moins avisé aux experts les mieux connus dans le domaine le point commun est l'évidence d'un rapport étroit entre éducation et l'accroissement des richesses qui peuvent être créés à l'intérieur d'un territoire économique donné. Cependant, aussi intuitif que soit ce lien et malgré un foisonnement d'études dans ce domaine, les résultats de plusieurs travaux empiriques sur des données macroéconomiques sont loin d'aboutir à un consensus unanime sur une telle relation.

En effet, parmi des travaux soulevant des controverses Krueger et Lindahl (2001) dans « *Education for growth : why and for whom ?* » n'ont pas trouvé de relation entre la croissance et le capital humain pour les pays de l'OCDE. Par la suite, des auteurs comme Aghion *et al.* (2005) et Vandenbussche, Aghion et Meghir (2006) en adaptant à l'éducation le concept « d'institutions appropriées¹ » permettant de maximiser la croissance se sont évertués à montrer que ce lien dépendait de la structure du capital humain et de son interaction avec le niveau de développement technologique des pays. Les premiers ont corroboré leurs prédictions théoriques sur un panel d'États américains et les seconds l'ont fait sur un panel de pays de l'OCDE en faisant apparaître l'effet différencié du capital humain en fonction de la distance de ces économies à la frontière technologique mondiale.

1. Concept remontant à Gerschenkron (1962) exprimant l'idée d'une dynamique institutionnelle qui doit s'installer dans un pays à des stades différents de son développement économique. Les institutions qui étaient adaptées à un stade précoce du développement d'un pays peuvent devenir désuètes à un stade plus avancé de son développement. Il doit alors adapter ses institutions selon son niveau de développement pour pouvoir rattraper plus rapidement les pays qui sont les plus développés (Aghion et Cohen, 2004).

Il est donc clair que la question de se demander comment l'éducation influence positivement la croissance économique est d'autant plus pertinente qu'il est un fait que toutes les économies n'ont pas le même niveau de développement économique ou technologique. Ainsi, si on tient compte des différences dans le niveau de développement technologique des pays et donc dans leur distance à la frontière technologique mondiale, est-ce donc tant le niveau du stock de capital humain qui importe que la structure du capital humain d'un pays ? En d'autres termes, la composition du capital humain d'un pays interagit-elle positivement avec la proximité à la frontière technologique mondiale sur la croissance ?

En utilisant l'approche des institutions appropriées dans le lien entre éducation et croissance, Vandenbussche *et al.* (2006) distinguent les activités d'imitation requérant plus de main-d'oeuvre non qualifiée (éducation non supérieure) et/ou les activités d'innovation de technologie nécessitant plus de travail qualifié (éducation supérieure). L'importance relative de chacune de ces deux activités dans la croissance de la productivité et donc dans la croissance économique dépend de la proximité du pays à la frontière technologique mondiale.

Ainsi, le mémoire cherche à montrer comment l'éducation influence la croissance en tenant compte de la complémentarité entre la structure ou la composition du capital humain² et la distance du pays à la frontière technologique mondiale. Évidemment, plusieurs études montrent le lien entre l'éducation et la croissance économique, mais très peu interviennent sur le lien entre la composition du capital humain et la croissance en relation avec le niveau de développement technologique d'un pays mesuré dans ce travail de recherche par la distance d'un pays à la frontière technologique mondiale. Toute l'importance particulière du sujet de recherche réside donc dans la manière que le capital humain et surtout sa composition influence la croissance en tenant compte du niveau de développement technologique d'un pays.

2. Dans ce travail de recherche tout comme dans l'article original, le concept capital humain se réfère uniquement à l'éducation.

L'hypothèse de la recherche est la même que celle de Vandenbussche *et al.* (2006) stipulant que l'élasticité du gain de productivité du travail qualifié (donc l'éducation supérieure) est plus élevée dans des activités d'innovation que dans celles d'imitation et pareillement pour l'élasticité du gain de productivité du travail non qualifié (donc l'éducation non supérieure c'est-à-dire primaire et secondaire) dans les activités d'imitation. Cette hypothèse admet l'implication théorique suivante : respectivement plus un pays se rapproche (s'éloigne) de la frontière technologique, plus l'investissement dans l'éducation supérieure (non supérieure) est favorable à la croissance.

En effet, le mémoire représente une réplique de l'article intitulé « *Growth, distance to frontier and composition of human capital* » de Vandenbussche *et al.* (2006) portant sur leur prédiction théorique suivante : une augmentation marginale dans le stock de capital humain qualifié (éducation supérieure ou tertiaire) agit positivement sur la croissance de la productivité d'autant plus que l'économie se rapproche de la frontière technologique mondiale. Afin de pouvoir tester la viabilité de cette prédiction théorique nous procédons par une analyse en panel de pays en privilégiant les estimations en panel dynamique mais en passant d'abord par des estimations en panel statique que ces auteurs ont utilisé. Cependant, au-delà des auteurs qui ont travaillé uniquement sur un échantillon de 19 pays de l'OCDE, ce mémoire se porte sur un échantillon élargi à tous les pays et sur une période plus longue (1960-2010) en commençant par une analyse en coupe de pays.

Ce mémoire est subdivisé en quatre chapitres. Le premier présente une revue de littérature qui insistera sur les développements théoriques et empiriques en lien surtout avec le problème de recherche. Le chapitre 2 présente le cadre théorique qui fournira la prédiction théorique à tester dans la modélisation économétrique. Il correspond à celui développé par Vandenbussche *et al.* (2006). Le troisième chapitre présente le modèle économétrique qui sera estimé ainsi que les données présentées et la méthodologie utilisée. Enfin, au quatrième chapitre, il est question de présenter et de discuter des principaux résultats.

CHAPITRE I

REVUE DE LITTÉRATURE

1.1 Revue de littérature théorique

Le thème « éducation et croissance économique » est l'objet de maints débats et d'études. La littérature dans le domaine remonte à plus de deux siècles¹. Cependant, les premières théories sur le capital humain remontent entre le début et le milieu des années soixante avec des travaux comme ceux de Jacob Mincer (1958), Theodore Schultz (1961) et Gary Becker (1964).

En effet, Becker (1975) en adoptant une approche microéconomique dans « *Human capital : a theoretical and empirical analysis* » montre l'importance de l'investissement en capital humain pour expliquer les différences de productivité et de salaires entre les individus. Ce lien se retrouve aussi dans les travaux sur des données microéconomiques se basant sur l'équation dite de Mincer (1958) qui exprime une relation log-linéaire positive entre le salaire d'un individu et son nombre d'années d'études.

Au niveau macroéconomique, qui concerne directement les propos de ce travail de recherche, il existe une vaste littérature tant théorique qu'empirique qui peut pour le moins se regrouper en deux grandes approches : la première montrant l'influence de la variation dans le temps du niveau d'éducation, c'est-à-dire l'approche de l'accumulation du capital humain, et l'autre montrant l'influence du niveau d'éducation sur la croissance, c'est

1. Krueger et Lindahl (2001) citant Machlup (1970).

l'approche dite de stock de capital humain (Aghion et Howitt, 2000)². D'autres subdivisions néanmoins sont possibles, par exemple le regroupement en modèles de croissance dite exogène, en ce sens que le moteur de la croissance comme le progrès technique est déterminé en dehors des caractéristiques de l'économie qu'ils décrivent, et de croissance dite endogène dans le cas contraire.

Dans le premier regroupement, l'approche de l'accumulation du capital humain fait apparaître ceci comme un facteur ordinaire dans la fonction de production agrégée. Les deux modèles de référence sont celui de Lucas (1988) et celui de Mankiw, Romer et Weil (1992). L'accumulation du capital humain a comme vertu d'augmenter la productivité des autres facteurs de production et ainsi d'améliorer la croissance. Donc, selon cette approche le taux de croissance économique d'un pays dépend du taux d'accumulation du capital humain. Conséquemment, la différence dans les taux de croissance entre les pays s'explique par la différence dans les taux d'accumulation de capital humain.

L'économiste américain Robert Lucas (1988) dans son article « *On the mechanics of economic development* » développe un modèle connu sous l'appellation AK qui se réfère lui-même au travail pionnier de Gary Becker (1964) sur le capital humain. Ce modèle représente une économie avec un agent représentatif ayant une durée de vie infinie qui choisit d'allouer son temps entre deux types d'activités. Une fraction de son temps permet d'accroître la production courante et l'autre partie est consacrée à l'acquisition de connaissances. Le capital humain dans l'économie s'accumule à un taux proportionnel au stock de capital humain, ce qui permet d'augmenter directement la productivité et donc la croissance à long terme sous considération de rendements constants.

Cependant, cette hypothèse de Lucas (1988) des rendements constants de l'éducation soulève certaines critiques appuyées par des études empiriques et est en désaccord même avec la théorie du capital humain de Becker sur laquelle son modèle se fonde. Ces travaux empiriques et la théorie de Becker vont plutôt dans le sens d'une diminution des rendements de l'éducation sur le cycle de vie d'un individu. Fort de ces critiques, d'autres

2. La typologie du stock de capital humain est celle adoptée dans le cadre de ce mémoire.

auteurs ont entrepris d'étendre le modèle de Lucas dans des modèles qui supposent qu'une certaine partie du capital humain se transmet d'une génération à l'autre. Ce sont les modèles dits à « générations imbriquées ».

Parmi ceux-ci, on peut citer le modèle d'Azariadis et Drazen (1990) et celui de Becker, Murphy et Tamura (1990). Les premiers montrent notamment l'impact de l'investissement dans l'éducation dans le passé sur la croissance future en considérant le fait qu'une bonne adéquation de cet investissement encourage l'acquisition de compétences tandis qu'une insuffisance produit l'effet contraire. Dans la première situation, l'économie peut aboutir à un équilibre de croissance élevée dans le futur et s'accrocher à une trappe de sous-développement dans la deuxième. Ces différents équilibres sont liés au fait de l'existence de seuils sur les externalités dans la fonction de technologie de l'éducation.

Pour leur part, Becker, Murphy et Tamura (1990) développent un modèle de générations imbriquées qui fait intervenir la fertilité avec des équilibres multiples tout comme pour Azariadis et Drazen (1990), mais où un taux de croissance élevé de la population combiné à un niveau de capital humain et de son taux d'accumulation faibles conduit à une trappe à sous-développement.

Dans l'autre modèle de référence de cette première approche, Mankiw, Romer et Weil (1992) ont élaboré une version ajustée du modèle de Solow augmentée du capital humain dans la fonction de production agrégée de l'économie. Le capital humain est donc un facteur de production à l'instar du travail et du capital physique et qui s'accumule dans le temps comme ce dernier. Son accumulation a néanmoins la vertu de ralentir la convergence de l'économie à son état régulier, du fait qu'il réduit les effets des taux de rendements décroissants du capital observés dans le modèle de Solow.

Glomm et Ravikumar (1992) se basant sur la stratification sociale des individus d'une même génération et donc sur l'hétérogénéité initiale des dotations en capital analysent le financement privé et public de l'éducation pour montrer l'effet différencié de ces deux modes de financement sur les inégalités et la croissance économique. Cette analyse suggère que le financement privé n'a qu'un effet à court terme sur l'accumulation du

capital humain et la croissance tandis que le financement public a un effet de long terme.

Selon l'autre approche, basée sur le stock de capital humain, la croissance économique relève du niveau du stock de capital humain du pays et suggère qu'un stock plus élevé de ce capital améliore la productivité car elle facilite l'innovation et accélère l'adoption de technologie développée ailleurs. Elle remonte aux travaux de Nelson et Phelps (1966). Ils émettent l'hypothèse simple que l'éducation produit de bons innovateurs et permet d'accélérer le processus de diffusion technologique. Leur argumentation consiste à montrer qu'une force de travail plus éduquée permet d'adopter la technologie disponible à la frontière plus rapidement et que plus un pays est éloigné de cette frontière, plus il peut bénéficier de l'effet de ce rattrapage³. Et, c'est donc le stock de capital humain qui détermine la capacité d'adoption technologique d'un pays.

Des auteurs comme Benhabib et Spiegel (1994), étendent plus loin l'analyse pour montrer qu'une force de travail plus éduquée permettrait aussi d'innover plus rapidement. En ce sens, ils énoncent que le niveau du stock de capital humain entraîne la croissance de la productivité totale des facteurs.

Romer (1990a) dans un modèle de croissance où le progrès technologique est expliqué par des décisions d'investissement d'agents cherchant à maximiser leurs profits montre que, même en ayant une population élevée, cela ne suffit pas pour expliquer la croissance. Il postule que c'est le stock de capital humain qui détermine le taux de croissance.

D'autres auteurs vont approfondir le lien théorique entre éducation et croissance économique. C'est le cas de Vandebussche et *al.* (2006) qui intègrent dans leur analyse la notion d'institutions appropriées pour la croissance en se référant aux travaux pionniers de Gerschenkron (1962). Ce type d'analyse fait valoir que les mêmes institutions favorables à la croissance à un stade précoce du développement d'un pays peuvent lui être préjudiciables à un stade plus avancé. En effet, ces auteurs en s'inspirant du cadre schumpétérien construisent un modèle qui fait ressortir l'importance de la composition

3. Aghion et Howitt, 2010.

ou du type de capital humain pour maximiser la croissance à des stades différents du développement économique d'un pays.

Plus concrètement, ils distinguent entre l'éducation primaire et secondaire dite non supérieure et l'éducation tertiaire ou supérieure ; la première permettant l'adoption ou l'imitation de technologie existant dans les pays développés et la deuxième affectant l'innovation technologique à la frontière. L'idée principale émanant de ces auteurs est que les pays doivent adopter les institutions et les politiques éducatives qui leur permettent de maximiser leur croissance en adéquation avec leur niveau de développement technologique. Ainsi, un pays qui est loin derrière la frontière technologique, donc en retard de développement technologique, doit avoir comme priorité l'éducation non supérieure et les institutions qui favorisent l'adoption technologique tandis qu'il doit mettre l'emphasis sur l'éducation supérieure et les institutions qui favorisent l'innovation à la frontière s'il en est proche afin de maximiser sa croissance.

Aghion et al. (2005, 2009) dans la même logique de l'impact différencié du type de capital humain que celui de Vandebussche et al. (2006) ont appliqué ce même cadre d'analyse des institutions dans un modèle théorique qui intègre aussi les flux migratoires afin d'analyser l'impact causal de l'éducation sur la croissance économique au niveau des États américains.

1.2 Revue de littérature empirique

La littérature empirique compte beaucoup de travaux dans le domaine « éducation et croissance » sans être unanime, ce qui est, quand même, source d'enrichissement du débat et d'alimentation d'intérêt pour de nouvelles recherches et théories. Les lignes suivantes visent à relater certains travaux en lien avec les modèles théoriques. Romer (1990b) testant le modèle de Lucas (1988) montre l'impact positif du niveau initial du taux d'alphabétisation et de son taux de croissance sur la croissance du revenu per capita. Barro et Sala-i-Martin (1995) en régressant un vaste ensemble de variables dont l'éducation sur la croissance trouvent une corrélation positive et des estimés significatifs

de l'impact du niveau d'éducation atteint et des dépenses publiques en éducation sur la croissance économique des pays pour la période 1965 à 1985⁴.

De même Benhabib et Spiegel (1994) dans une étude en coupe de pays et de régions des États-Unis trouvent que le capital humain est non significatif pour expliquer la croissance du PIB per capita voire même de signe opposé. En spécifiant un nouveau modèle où le taux de croissance de la productivité totale des facteurs dépend du stock de capital humain, l'estimation réalisée montre un impact positif de celui-ci sur la croissance.

Barro (1999) dans une étude sur un panel de 100 pays de 1960 à 1995 trouve un lien positif entre l'éducation secondaire et supérieure des hommes et la croissance tandis que ce lien est non significatif pour les femmes et dans les deux cas l'éducation primaire est non significative.

Pritchett (2001) trouve un lien négatif entre le taux de croissance du capital humain et celui de la productivité totale des facteurs. Mais les résultats sont différenciés suivant les pays en fonction de trois facteurs qu'il a identifiés : la mauvaise qualité des institutions et de la gouvernance qui fait que l'accumulation de capital humain réduit la croissance économique, la baisse des rendements marginaux de l'éducation due à un surplus d'offre de travail qualifié et la faible qualité de l'éducation.

Krueger et Lindahl (1999, 2001) en ajustant pour les erreurs de mesure ont trouvé une relation positive entre la croissance et le stock de capital humain initial (sous réserve de certaines hypothèses économétriques) pour des pays économiquement non développés. Néanmoins, ils n'ont pas pu établir cette relation pour les pays de l'OCDE, laissant ouvert du même coup une sorte d'énigme à résoudre concernant l'impact de l'éducation sur la croissance dans les pays riches.

Par la suite, Aghion et al. (2005, 2009) ont montré que la relation entre capital humain et croissance dépendait de la composition de ce capital et de la prise en compte de la distance à la frontière technologique du fait des types d'activité d'imitation et d'innovation

4. Aghion et Howitt (2010, chap. 13).

de technologie qui prévalent quand un État est distant de la frontière dans le premier cas ou proche dans le second. En prenant en compte la possibilité de migration interne, les auteurs ont corroboré leur théorie sur un panel d'États américains. Leurs résultats attestent que les États privilégiant l'éducation supérieure et qui sont plus proches de la frontière technologique bénéficient d'un mouvement migratoire et croissent davantage que ceux qui en sont plus éloignés.

Caselli et Coleman (2006) dans une étude en coupe de pays sur les différences dans la fonction de production agrégée trouvent que les pays à revenus élevés font un usage plus efficace du travail qualifié que les pays à bas revenus tandis que ces derniers utilisent plus efficacement le travail non qualifié. Ils soutiennent leur argument par le fait que chacun de ces deux groupes de pays choisit la technologie qui correspond au mieux au facteur le plus abondant domestiquement. Ainsi, les pays riches choisissent la technologie qui convient efficacement au travail qualifié alors que les pays pauvres choisissent celle qui est appropriée le mieux au travail non qualifié. D'autre part, ils avancent d'autres arguments pour expliquer ces différences de technologie entre les pays comme les différences dans la qualité de l'éducation.

De même Vandenbussche, Aghion et Meghir (2006) vont trouver une réponse convaincante à l'énigme soulevée par Krueger et Lindahl (2001) pour un panel de pays de l'OCDE. En effet, Vandenbussche et *al.* (2006) en décomposant le capital humain pour le faire interagir avec la proximité à la frontière technologique et en remplaçant les effets fixes pays par des effets fixes en groupes de pays trouvent une relation significative entre l'éducation supérieure et la croissance de la productivité pour 19 pays de l'OCDE au cours de la période 1960 à 2000.

Cependant, des auteurs comme Bills et Klenow (2000) montrent l'existence d'une possible causalité inversée de la croissance vers l'éducation dans la plupart des données en coupe de pays. Une plus grande croissance peut favoriser une meilleure prise en charge publique de l'éducation et donc influencer aussi les décisions individuelles sur l'éducation.

CHAPITRE II

CADRE THÉORIQUE DU MODÈLE EMPIRIQUE

2.1 Environnement de l'économie

Le modèle théorique présenté est celui de Vandenbussche *et al.* (2006). On considère une économie fermée composée d'entrepreneurs et d'une population de travailleurs de taille normalisée à 1 où tous les agents vivent uniquement une période. Le travail est hétérogène dans le capital humain selon que les travailleurs détiennent un niveau d'éducation supérieure (S) ou non (U). L'économie produit un bien final y et une variété de bien intermédiaire i . Le bien final de l'économie est produit sur un marché de concurrence parfaite en utilisant un continuum de biens intermédiaires normalisé à 1 suivant une fonction de production de type Cobb-Douglas :

$$y_t = \int_0^1 A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^\alpha di$$

avec $\alpha \in (0, 1)$, $A_{i,t}$ est la productivité dans le secteur i au temps t , $x_{i,t}$ est le flux de biens intermédiaires de variété i utilisé dans la production du bien final au temps t . Le secteur du bien final étant concurrentiel, le prix de la variété i de bien intermédiaire est égal à la productivité marginale de ce bien, soit le résultat suivant :

$$p_{i,t} = \partial y_t / \partial x_{i,t} = \alpha A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^{\alpha-1}$$

Dans chaque secteur intermédiaire, il y a un producteur qui peut produire le bien de variété i en utilisant le bien final comme capital selon une technologie dite un-pour-un

qui consiste donc à utiliser une unité du bien final pour une unité de bien intermédiaire. Le producteur du bien i est l'entrepreneur qui arrive donc à innover et qui élimine par le fait même les autres producteurs qui ont échoué ou qui ont produit un bien de qualité inférieure, dans la logique du processus de destruction créatrice de Joseph Schumpeter (1934). Il s'érige donc en monopoleur et doit choisir $x_{i,t}$ en considérant le prix de la variété i de bien intermédiaire comme une donnée pour résoudre le problème suivant de maximisation de son profit :

$$\max_{x_{i,t}} (p_{i,t}x_{i,t} - x_{i,t})$$

En remplaçant la solution pour la demande inverse $p_{i,t}$ dans le problème de maximisation et en utilisant la condition de premier ordre, la quantité de bien intermédiaire demandée à l'équilibre est :

$$x_{i,t} = \alpha^{2/(1-\alpha)} A_{i,t}$$

Ce qui donne en substituant la quantité pour $x_{i,t}$ le profit du monopoleur :

$\pi_{i,t} = (p_{i,t} - 1)x_{i,t} = \delta A_{i,t}$ où $\delta \equiv 1/(\alpha - 1)\alpha^{2/(1-\alpha)}$. Ainsi, la quantité demandée du bien intermédiaire i et le profit dans cette économie sont proportionnels à la productivité du secteur $A_{i,t}$. La section suivante explique la dynamique de la productivité dans cette économie.

2.2 La dynamique de la productivité

Au début de chaque période, la firme i choisit la technologie appropriée dont l'amélioration résulte des activités d'imitation qui consistent à mettre en œuvre des technologies à la frontière et des activités d'innovation consistant à faire avancer la frontière technologique. On suppose que les deux activités utilisent du travail non qualifié (éducation non supérieure) et du travail qualifié (éducation supérieure). La dynamique de la productivité et donc de la technologie peut être représentée par une fonction linéaire dans les deux types d'activités et croissante dans ses arguments.

En effet, le niveau courant de la technologie dépend de sa valeur à la fin de la période précédente (le 1er terme de l'équation ci-dessous) et de l'influence qu'exercent les activités d'imitation et d'innovation de technologie pour améliorer la productivité (le deuxième terme). L'impact de la première activité est lié à l'écart entre la frontière de productivité mondiale (représentée par la productivité du leader technologique) et celle d'un pays donné au cours de la période précédente et la seconde s'appuie sur la frontière de productivité du pays à la fin de la période passée. Ce qui peut être écrit de la manière suivante :

$$A_{i,t} = A_{i,t-1} + \lambda[u_{m,i,t}^{\sigma} s_{m,i,t}^{1-\sigma} (\bar{A}_{t-1} - A_{t-1}) + \gamma u_{n,i,t}^{\phi} s_{n,i,t}^{1-\phi} A_{t-1}]$$

où \bar{A}_{t-1} est la frontière de productivité mondiale au temps $t - 1$, A_{t-1} la frontière de productivité du pays en fin de période $t - 1$, $(u_{m,i,t}$ versus $s_{m,i,t}$) et $(u_{n,i,t}$ versus $s_{n,i,t})$ respectivement le nombre d'unités de travail non qualifié et qualifié utilisé dans les activités d'imitation et d'innovation dans le secteur i au temps t , σ et ϕ sont respectivement l'élasticité du gain de productivité du travail non qualifié dans l'imitation et l'innovation, $\gamma > 0$ un paramètre mesurant l'efficacité relative de l'innovation comparée à l'imitation pour induire la croissance de la productivité et $\lambda > 0$ mesure l'efficacité de l'ensemble du processus de progrès technologique pour augmenter la productivité dans le secteur i .

L'hypothèse de base du modèle appuyant les prédictions théoriques découle du fait que les activités d'innovation requièrent plus de main-d'œuvre qualifiée que les activités d'imitation dans l'économie tandis que celles-ci nécessitent plus de travail non qualifié que les activités d'innovation. Elle est énoncée de la manière suivante : l'élasticité du travail qualifié est plus élevée dans les activités d'innovation que dans celles d'imitation et inversement l'élasticité du travail non qualifié est plus grande dans les activités d'imitation que dans celles d'innovation, soit $\sigma > \phi$.

2.3 Principaux résultats analytiques et prédictions du modèle

La préoccupation dans cette section est surtout de faire ressortir l'interprétation des résultats analytiques qui sous-tendent les prédictions théoriques et non de les dériver mathématiquement.

2.3.1 Les principaux résultats analytiques

Chaque producteur de bien intermédiaire i choisit la quantité de travail qualifié et non qualifié au temps t pour chacune des deux types d'activités dans l'économie (voir section 2.2) qui lui permettra de maximiser son profit en tenant compte de sa proximité à la frontière technologique à la fin de la période précédente (les entrepreneurs vivant seulement une période, voir section 2.1) et du coût total du facteur travail $W_{i,t}$ pour améliorer la productivité. Le problème de la maximisation est le suivant :

$$\max_{u_{m,i,t}, u_{n,i,t}, s_{m,i,t}, s_{n,i,t}} \lambda \delta [u_{m,i,t}^\sigma s_{m,i,t}^{1-\sigma} (1 - a_{t-1}) + \gamma u_{n,i,t}^\phi s_{n,i,t}^{1-\phi} a_{t-1}] \bar{A}_{t-1} - W_{i,t}$$

où $a_{t-1} \equiv A_{t-1}/\bar{A}_{t-1}$ est une mesure inverse de la distance à la frontière technologique mondiale en $t-1$ et $W_{i,t} = [w_{u,t}(u_{m,i,t} + u_{n,i,t}) + w_{s,t}(s_{m,i,t} + s_{n,i,t})]\bar{A}_{t-1}$, soit la somme des coûts des deux catégories de travail avec $w_{u,t}$ les salaires du travail non qualifié et $w_{s,t}$ les salaires du travail qualifié.

En supposant que tous les producteurs font face au même problème de maximisation et en considérant qu'il existe une masse 1 de firmes intermédiaires, à l'équilibre sur le marché du travail S et U représentent respectivement la quantité totale de travail qualifié et non qualifié. En annulant chacune des 4 dérivées partielles et en égalisant chaque paire d'équations obtenues pour S et U , les conditions de premier ordre se réécrivent en deux équations (équations 4 et 6 de Vandenbussche et *al.*, 2006) qui montrent clairement que les firmes choisissent la quantité de travailleurs qui permet d'égaliser la productivité marginale de chaque type de travail dans les deux types d'activités de l'économie.

En outre, on peut voir aisément que, *ceteris paribus*, la productivité marginale du travail (qualifié ou non) est décroissante en a (proximité à la frontière technologique)

dans les activités d'imitation, alors qu'elle est croissante dans l'innovation. En d'autres termes, en se rapprochant de la frontière technologique l'innovation est importante pour l'amélioration de la productivité du travail et l'imitation technologique s'avère importante plus on s'en éloigne.

Aussi, en divisant les 2 membres correspondants de chacune des deux équations exprimant les conditions de premier ordre et après simplification de l'écriture, on retrouve le résultat intéressant que le ratio du travail non qualifié/qualifié dans l'imitation est proportionnel à celui dans l'innovation, selon un facteur de proportionnalité $\Psi > 1$.

Soit : $\Psi u_n/s_n = u_m/s_m$

Autrement dit, l'intensité relative de travail non qualifié est plus élevée dans les activités d'imitation que celles d'innovation. Pour un niveau de dotation factoriel donné si un pays est trop distant de la frontière technologique mondiale, soit un a très faible, il se spécialisera dans l'imitation de technologie développée ailleurs dans le monde (au-dessous de la droite M sur la fig. 1).

Dans le cas contraire, c'est-à-dire pour une très grande proximité à la frontière il utilisera toutes ces ressources dans l'innovation (au-dessus de la droite N sur la fig. 1). Les deux types activités n'existent donc que pour des valeurs de a intermédiaires entre ces deux extrêmes (pour tout point tel que E situé sur la droite ZZ et à l'intérieur de l'espace dit "cône de diversification" formé par les droites M et N partant de l'origine O^1). De même pour un a donné les auteurs montrent que si le travail qualifié est relativement abondant dans un pays, il aura tendance à se spécialiser dans l'innovation et, *a contrario*, dans l'imitation s'il est plus doté relativement en travail non qualifié.

1. Le tracé des courbes est fait suivant la condition de solution intérieure. La pente relativement plate de M laisse voir l'importance relative du travail non qualifié sur le travail qualifié pour l'imitation dans l'économie et la pente plus abrupte de N montre le cas contraire dans le secteur de l'innovation. Il est intéressant de noter que pour tout déplacement du point E à l'intérieur du cône, c'est l'effet de la composition du capital humain qui joue avec une proportion croissante vers le travail qualifié ou non qualifié selon que E se déplace vers la gauche ou vers la droite, le capital humain agrégé restant constant.

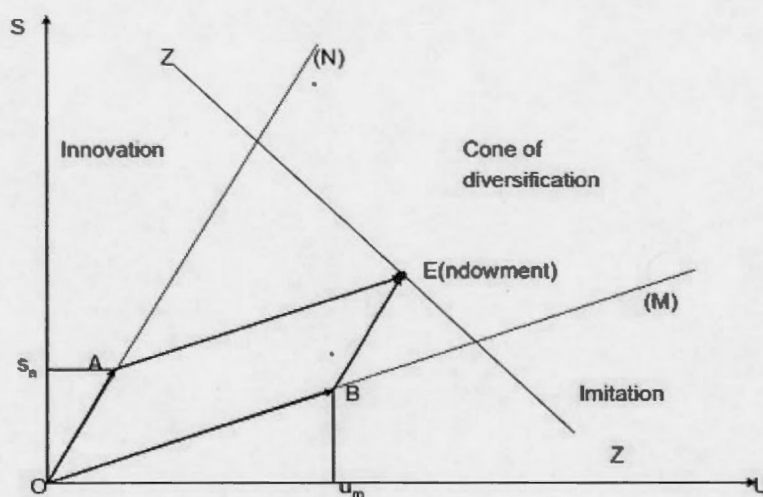


Figure 2.1 Intensité relative des facteurs et spécialisation de l'économie

Source : Figure tirée de Vandebussche *et al.*, 2006

La figure ci-dessus exprime donc la dotation absolue de travail qualifié (S) en fonction du travail non qualifié (U). Un déplacement vers le haut de la droite ZZ induit une augmentation proportionnelle des deux types de capital humain dans chacune des deux activités de l'économie. Ce résultat est élucidé dans une proposition que les auteurs énoncent de la manière suivante : quand les deux types d'activité s'exercent à l'équilibre, le niveau optimal de travail qualifié et non qualifié, employé dans l'imitation est croissant dans le nombre total de travail non qualifié (U) et décroissant dans celui qualifié (S), d'une part, et décroissant dans la distance à la frontière technologique a , d'autre part.

L'explication derrière la première partie de cette proposition correspond au pendant du théorème de Rybczynski en commerce international qui veut que pour une augmentation de la dotation dans un facteur dans un pays donné, le prix de l'output restant inchangé, l'output du secteur qui utilise ce facteur le plus intensément augmentera et diminuera dans le secteur où il est moins intensif. Ceci s'explique simplement par le fait que la productivité marginale du facteur s'accroît dans le secteur où il est le plus

abondant entraînant une hausse de la rémunération de ce facteur. Cette hausse a pour effet d'attirer ce facteur vers ce secteur qui le rémunère le plus. La production dans ce secteur s'accroît et baisse dans le secteur où ce facteur est moins abondant. L'effet contraire tient parfaitement dans le cas d'une baisse de la dotation dans un facteur.

L'autre partie de cette proposition exprime tout simplement que très loin de la frontière technologique, l'économie gagne plus à augmenter les deux types de travail dans l'activité d'imitation alors qu'il bénéficie plus à augmenter dans l'innovation quand il se rapproche de cette frontière.

La dernière proposition exprime l'effet d'un changement dans l'offre de travail qualifié sur le taux de croissance (calculé sur la base du facteur $A_{i,t}$ exprimant la productivité dans l'économie, voir section 2.2) à l'équilibre. Le taux de croissance de l'économie dépend alors de deux types d'effets : un *effet de niveau* ou d'agrégation du capital humain ($U + S$) et un *effet de composition* du capital humain.

En effet, toute augmentation agrégée du capital humain qui ne change pas sa distribution a un impact positif sur la croissance économique (effet d'agrégation). Par contre, l'effet de chaque type de capital humain varie de façon inverse à la distance à la frontière technologique a (effet de composition). Ce qui constitue la première et la prédiction fondamentale du modèle théorique.

2.3.2 Les prédictions théoriques du modèle

Deux grandes prédictions théoriques émanent des résultats analytiques du modèle. La prédiction principale indique que l'effet positif d'une augmentation marginale dans le stock de capital humain qualifié (éducation supérieure ou tertiaire) sur la croissance de la productivité est d'autant plus important que l'économie se rapproche de la frontière technologique mondiale. De manière équivalente, une augmentation marginale dans le stock de capital humain non qualifié (éducation de niveau primaire et secondaire) améliore la croissance d'autant plus que l'économie est éloignée de cette frontière. En d'autres termes, un pays qui se rapproche suffisamment de la frontière technologique

mondiale devra investir davantage dans l'éducation supérieure puisqu'il aura besoin de plus en plus de capital humain qualifié, nécessaire pour innover à la frontière. Et, il devra favoriser l'investissement dans l'éducation non supérieure dans le cas contraire.

L'autre prédiction du modèle affirme que la mesure à laquelle la proximité à la frontière technologique affecte positivement l'impact d'une augmentation marginale du stock de travail qualifié sur la croissance de la productivité décroît avec l'élasticité du travail qualifié dans l'innovation quand la proximité à la frontière dépasse un certain seuil théorique $\alpha > 1/(1 + \gamma)$ (soit l'inverse de la somme à l'unité de γ , l'efficacité relative de l'innovation comparée à l'imitation pour générer la croissance de la productivité, voir section 2.2). Ce qui n'est autre qu'une réduction de la complémentarité entre la proximité à la frontière et le stock de capital humain qualifié advenant ce que Vandebussche et *al.* (2006) qualifient de choc technologique qui accroît l'élasticité du travail qualifié dans l'innovation.

L'intuition appuyant cette prédiction est que lorsque les activités d'innovation sont suffisamment intensives en travail qualifié par rapport aux activités d'imitation, un pays qui est loin derrière la frontière a intérêt à l'utiliser dans l'innovation. Donc, le flux de travailleurs qualifiés passant de l'imitation à l'innovation devient plus petit quand le pays va s'approcher de la frontière. Ce qui explique pourquoi l'impact de l'interaction entre le stock de travail qualifié et la proximité à la frontière doit diminuer dans ce cas de figure.

2.4 Cas particulier où l'éducation supérieure représente la fraction qualifiée de la force de travail

En supposant que chaque travailleur dans l'économie est doté d'une unité de travail qualifié ou non, l'éducation supérieure (S) et l'éducation non supérieure (U) représentent respectivement la fraction de la force de travail qui est qualifiée ou non qualifiée. En considérant une population de taille 1, on a donc $U + S = 1$ et dans ce contexte il ne reste que l'effet de composition du capital humain sur la croissance.

Dans ce contexte la complémentarité entre l'éducation supérieure (S) et la proximité à la frontière de technologie est beaucoup plus importante que dans le cas plus général. Ceci s'explique par le fait qu'étant donné $U + S = 1$ toute augmentation de S se traduit par une baisse de U disponible dans l'économie et donc a pour effet de déprimer la productivité marginale du travail qualifié dans l'imitation, ce qui implique même un reflux de travail qualifié vers l'innovation quand l'économie s'approche de la frontière technologique.

CHAPITRE III

LE MODÈLE ÉCONOMÉTRIQUE

Ce chapitre présente le modèle économétrique qui servira à tester la première prédiction théorique en se servant du taux de croissance de la productivité totale des facteurs comme variable dépendante et les mêmes régresseurs utilisés par Vandenbussche et *al.* (2006) auxquels sont ajoutées trois variables de contrôle utilisées assez souvent dans les régressions sur la croissance. La première section concerne l'origine des différentes données utilisées dans les estimations économétriques. La deuxième section présente la mesure des différentes variables notamment celle de la productivité totale des facteurs. La troisième section indique la spécification du modèle utilisé pour tester la prédiction théorique et la quatrième section présente les techniques d'estimation qui sont employées dans le cadre des régressions.

3.1 Les données

Vandenbussche, Aghion et Meghir (2006) testent leurs prédictions théoriques sur le lien entre la composition du capital humain et la croissance économique pour un panel de 19 pays de l'OCDE sur des données de 1960 à 2000, répondant à l'énigme de Krueger et Lindahl (2001) due aux résultats que ces derniers ont trouvé pour les pays les plus riches. Ce travail de recherche est élargi sur un échantillon de pays suivant la classification des économies par la Banque Mondiale¹ en trois grands groupes de revenus et sur une plus

1. Liste des économies classées selon leur niveau de revenu en 2010.

grande période (1960 à 2010).

Les données utilisées dans le cadre de ce mémoire proviennent de trois bases de données : Barro et Lee (2010), la Penn World Tables 7.1 et le World Development Indicators de la Banque Mondiale. Barro et Lee (2010) fournissent les données sur l'éducation. Cette base est composée de données sur 146 pays fournissant la distribution de la population adulte de 15-64 ans et de 25-64 ans par niveau d'éducation atteint en pourcentage et en nombre moyen d'années de scolarité à cinq ans d'intervalle de 1950 à 2010. Elle comprend onze (11) catégories de variables sur l'éducation décomposées essentiellement en niveaux primaire, secondaire et tertiaire. Ce dernier niveau correspondant à l'éducation supérieure étant généralement inaccessible avant l'âge de 17 ou 18 ans risque d'entraîner un biais dû à l'erreur de mesure sur les variables dans la mesure où la différence dans la population de 15-64 ans et celle de 17-64 ans ayant atteint le niveau supérieur est négligeable tandis que l'écart dans le total de ces 2 groupes de population ne l'est pas. Il en résulte un risque potentiel de sous-évaluation de la fraction de la population de 15-64 ans ayant atteint ce niveau et conséquemment une surévaluation pour la catégorie de l'éducation non supérieure.

La Penn World Tables est une série de données originellement conduite par Irving Kravis et deux principaux collaborateurs Robert Summers et Alan Heston. La version 7.1 comprend des données sur 34 variables macroéconomiques dont certaines sont des indicateurs de croissance évalués en termes de parité de pouvoir d'achat de 2005 pour 190 pays et territoires de 1950 à 2010. La Penn World Tables 7.1 fournit les données servant à générer la série sur la productivité totale des facteurs² et deux des trois variables de contrôle : le ratio des dépenses gouvernementales sur le PIB (*Gouv*) et le taux d'ouverture commerciale (*Ouv*).

Le World Development Indicators produit les données sur le taux d'inflation (*Inf*) utilisé dans le modèle comme l'une des trois variables de contrôle. L'intersection entre ces trois bases de données donne un échantillon de 91 pays à l'échelle mondiale.

2. La Penn World Tables 7.1 n'inclut pas la variable stock de capital physique.

3.2 La mesure des variables

Cette section explicite la manière dont les différentes variables macroéconomiques et les variables de l'éducation, proxy du capital humain, sont mesurées dans ce mémoire dans le cadre des régressions sur la croissance de la productivité totale des facteurs.

3.2.1 Le taux de croissance moyen de la productivité totale des facteurs

Le taux de croissance moyen (g) est généré en utilisant deux mesures de la productivité totale des facteurs (PTF). La première sert aux estimations proprement dites car elle s'étend sur toute la période de l'étude et l'autre pour une analyse de robustesse des résultats obtenus et correspond à celle de Vandenbussche et *al.* (2006). Les deux mesures de la PTF ont comme point commun la fonction de production agrégée de type Cobb-Douglas utilisée dans la comptabilité de la croissance pour calculer la productivité totale des facteurs, soit :

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$$

où A est la productivité totale des facteurs, K le stock de capital physique, L le nombre de travailleurs et α la part du revenu attribuée au stock de capital physique, communément 0,30.

En divisant par le nombre de travailleurs, on obtient l'output agrégé par travailleur (y) en fonction du capital par travailleur (κ), soit :

$$y = A\kappa^\alpha$$

Ce qui donne :

$$A = PTF = y/\kappa^\alpha$$

Les deux mesures diffèrent essentiellement dans la construction du stock de capital physique initial ; le stock de capital physique lui-même étant élaboré par la méthode de l'inventaire perpétuel comme utilisée entre autres par Caselli (2005) et Vandenbussche

et *al.* (2006). Il s'ensuit l'équation dynamique du capital suivant :

$$K_{i,t} = I_{i,t} + (1 - \delta)K_{i,t-1}$$

où $K_{i,t}$ et $I_{i,t}$ sont respectivement le stock de capital et l'investissement du pays i au temps t et δ le taux de dépréciation du capital physique.

Le stock de capital initial correspond à la valeur du stock de capital à l'état stationnaire dans le cadre d'un modèle néoclassique de croissance (Vandenbussche et *al.*, 2006). Dans la première mesure de la PTF le niveau initial du stock de capital physique est calculé d'après la formule suivante qui correspond à l'état régulier du modèle de Solow :

$$K_0 = K_{1959} = I_{1960}/(\bar{g} + n + \delta)$$

avec le taux de dépréciation du capital $\delta = 6\%$ (habituellement utilisé), $\bar{g} = 2\%$ le taux de croissance exogène du PIB *per capita* (Mankiw et *al.*, 1992) et n le taux de croissance moyen de la population.

Dans la deuxième mesure de la PTF, on a :

$$K_0 = K_{1959} = I_{1960}/(g_y + \delta)$$

où $\delta = 6\%$ et g_y le taux de croissance moyen du PIB *per capita* entre 1960 et 1970, ce qui nous laisse avec une période à l'étude de 1970-2010 pour suivre la méthodologie dans l'article original afin de réduire un peu l'erreur de mesure initiale du stock de capital.

Le taux de croissance moyen de la productivité totale des facteurs (g) est calculé comme la variation logarithmique sur la période 1960-2010 (et 1970-2010 dans la deuxième mesure) pour les régressions en coupe de pays. En panel, c'est le changement en logarithme sur des intervalles de 4 ans et 5 ans sur le dernier (2005-2010), étant donné que les données sur l'éducation de Barro et Lee (2010) sont disponibles par période de 5 ans.

3.2.2 Les principaux régresseurs

Pour la vérification empirique du modèle, on utilise les variables indépendantes d'intérêt suivantes : la proximité à la frontière technologique mondiale (a), la fraction de la population de 15-64 ans ayant atteint un niveau d'éducation supérieure ou tertiaire (T), la fraction de la population de 15-64 ans ayant atteint un niveau d'éducation non supérieure (PS), c'est-à-dire les niveaux cumulés primaire et secondaire, les deux termes d'interaction entre la proximité à la frontière et l'éducation non supérieure ($a.PS$) et supérieure ($a.T$).

La proximité à la frontière technologique mondiale pour la coupe est calculée comme le log du ratio de la PTF du pays j en 1960 sur celle des États-Unis considérée comme le leader technologique mondial, soit : $a_j \equiv \ln(A_j/\bar{A})$. Elle est déterminée comme le log du ratio en $t-1$ de la PTF du pays j et celle du leader en début de chacune des périodes de 5 ans pour le panel, soit : $a_{j,t-1} \equiv \ln(A_{j,t-1}/\bar{A}_{t-1})$

Les fractions de la population de 15-64 ans ayant atteint un niveau d'éducation non supérieure et supérieure sont calculées comme leur moyenne sur la période couverte par l'étude pour la coupe et correspondent aux variables décalées d'une période pour le panel.

3.2.3 Les variables de contrôle

Dans le cadre de ce mémoire, on utilise trois variables de contrôle retrouvées fréquemment dans les régressions sur la croissance. Islam (2009) citant Sala-i-Martin (1997) révèle qu'un nombre important de variables de contrôle peuvent être reliés à la croissance économique. Pour la coupe transversale, elles sont représentées par leur moyenne sur la période de l'étude et pour le panel de pays par leur moyenne sur chaque période de 5 ans. Ce sont : le taux d'inflation Inf qui correspond au taux de variation de l'indice des prix à la consommation, la part des dépenses gouvernementales dans le PIB ($Gouv$) et le taux d'ouverture commerciale (Ouv).

3.3 Spécification du modèle

La vérification empirique est faite à la fois en coupe transversale et en panel de pays.

3.3.1 Spécification du modèle en coupe transversale

Le modèle à estimer pour le taux de croissance moyen de la productivité totale des facteurs en coupe de pays est la suivante :

$$g_j = X_j\beta + \Gamma_j\alpha + \epsilon_j \quad (3.1)$$

avec g_j le taux de croissance moyen de la PTF du pays $j = 1, \dots, n$. X_j est la matrice des régresseurs d'intérêt pour la vérification empirique. Il comprend des variables directes et des variables d'interaction. Les variables directes sont les suivantes : a_j , PS_j et T_j . Les variables d'interaction sont : $a_j.PS_j$, $a_j.T_j$.

Γ_j est la matrice des variables de contrôle, soit : Inf_j , $Gouv_j$ et Ouv_j . β et α sont respectivement le vecteur des coefficients estimés pour X_j et Γ_j et ϵ_j l'écart aléatoire.

3.3.2 Spécification du modèle en panel

Le modèle à estimer en panel statique de pays est la suivante :

$$g_{j,t} = X_{j,t-1}\beta + \Gamma_{j,t}\alpha + v_j + \lambda_t + \epsilon_{j,t} \quad (3.2)$$

avec $g_{j,t}$ le taux de croissance de la PTF du pays j à la période t . $X_{j,t-1}$ est la matrice des variables indépendantes d'intérêt. Il comprend les variables suivantes : $a_{j,t-1}$, $PS_{j,t-1}$, $T_{j,t-1}$, $a_{j,t-1}.PS_{j,t-1}$, $a_{j,t-1}.T_{j,t-1}$. $\Gamma_{j,t}$ est la matrice des variables de contrôle, soit : $Inf_{j,t}$, $Gouv_{j,t}$ et $Ouv_{j,t}$. β et α respectivement le vecteur des coefficients estimés pour $X_{j,t-1}$ et $\Gamma_{j,t}$. v_j est un vecteur de variables muettes pays pour tenir compte de l'hétérogénéité inobservée dans la croissance de la PTF qui peut exister entre les pays, c'est-à-dire des effets fixes pays. λ_t permet de contrôler pour les effets fixes temporels dans l'explication de la croissance et $\epsilon_{j,t}$ l'écart aléatoire.

En panel dynamique, la spécification du modèle est légèrement modifiée à cause de la présence de la variable endogène retardée d'une période, soit :

$$g_{j,t} = g_{j,t-1} + X_{j,t-1}\beta + \Gamma_{j,t}\alpha + v_j + \lambda_t + \epsilon_{j,t} \quad (3.3)$$

3.3.3 Signes attendus pour les variables d'intérêt

Dans le chapitre 2 on a fait ressortir deux effets du capital humain sur la croissance : un effet de niveau et un effet de composition. Selon l'effet de niveau il y a un lien positif entre le stock de capital humain agrégé et la croissance. Dans le cadre de la prédiction théorique du modèle de Vandebussche, Aghion et Meghir (2006), l'effet qui est donc pris en compte dans les spécifications du modèle empirique est celui de la composition du capital humain. Ainsi on vérifie selon les données de l'échantillon si le signe du coefficient estimé pour la variable :

1. Proximité à la frontière technologique (α) est négatif;
2. Éducation non supérieure (PS) est positif;
3. Éducation supérieure ou Tertiaire (T) est positif
4. Interaction entre la proximité à la frontière technologique et l'éducation supérieure est positif pour les pays qui sont proches de la frontière technologique mondiale.
5. Interaction entre la proximité à la frontière technologique et l'éducation non supérieure est positif pour les pays qui sont éloignés de la frontière technologique mondiale.

Le signe du terme d'interaction entre l'éducation et la proximité à la frontière technologique est le plus important car il concerne directement la prédiction théorique que l'on cherche à vérifier dans ce mémoire. La variable proximité à la frontière technologique (α) étant mesurée négativement du fait de sa valeur logarithmique, le signe rattaché à son paramètre doit être aussi négatif pour traduire l'impact positif sur la croissance d'un pays qui se rapproche de la frontière technologique mondiale. En ce sens, l'impact positif sur la croissance du type d'éducation approprié (supérieur ou non) doit tenir compte de son interaction avec la distance à la frontière technologique d'un pays. Autrement

dit, plus un pays est proche de la frontière technologique mondiale plus il doit mettre l'accent sur l'éducation de niveau supérieur pour croître et se rapprocher davantage de cette frontière. Inversement, plus un pays est éloigné de cette frontière plus il doit mettre l'accent sur l'éducation de niveau non supérieur pour croître et réduire sa distance à la frontière.

3.4 Méthodologie d'estimation

Ce mémoire est une vérification empirique du modèle théorique de Vandebussche et *al.* (2006) essentiellement au moyen de techniques d'estimation économétrique en panel sur un échantillon de 91 pays. Cet échantillon est lui-même subdivisé en trois sous-échantillons : pays à revenus élevés, pays à revenus moyens et ceux à bas revenus suivant la classification des économies par la Banque Mondiale.

Dans le sous-échantillon des pays à revenus élevés, on extrait l'échantillon des 19 pays de l'OCDE utilisés par ces auteurs pour tester leurs résultats par rapport à l'énigme de Krueger et Lindahl (2001) sur de nouvelles données.

Toutefois, les premières estimations seront faites sur des données en coupe de pays en appliquant la méthode des moindres carrés ordinaires traditionnels, sans et avec les termes d'interaction avec la proximité à la frontière, sur l'échantillon global et les différents sous-échantillons en tenant compte de la présence de points aberrants et en testant pour l'hétéroscédasticité à chaque fois. A des fins de comparaison des résultats estimés, on utilise donc un estimateur robuste à la présence des points aberrants dans les régressions multivariées dénommé « MM-Estimator ».

En effet, l'estimateur MCO minimisant la somme des carrés des résidus est très sensible aux points produisant des résidus élevés, ce qui est le cas des points aberrants qui biaisent donc les estimés des MCO. Des estimateurs robustes permettent de pallier ce genre de problème comme celui attribué à Edgeworth (1887), connu sous le nom de *régression médiane* et une classe plus grande d'estimateurs généralisant celle-ci appelée « M-Estimators ». Si ces derniers peuvent détecter des « vertical outliers », ils

présentent pourtant le grand inconvénient de manquer de robustesse face à certains types de valeurs aberrantes (comme dans le cas où l'une masque la présence de l'autre) et aux « bad leverage points ».

D'autres estimateurs permettent d'y remédier comme le « S-Estimator » qui permet de résister jusqu'à 50% de points aberrants dans les données mais pour un niveau faible d'efficience. Pour faire face à cette relation inverse robustesse-efficience caractérisant ce type d'estimateur Yohai (1987) a introduit le « MM-Estimator » qui a la grande caractéristique de combiner robustesse (face aux *outliers*) et efficience utilisant dans une procédure en deux étapes une fonction de perte dite « Tukey biweight function » qui pénalise les résidus élevés (Verardi et Croux, 2009).

Cependant, à cause de la non prise en compte de l'endogénéité du fait de la non disponibilité d'instruments pour les données de l'éducation en coupe transversale et également en raison de la faible taille des sous-échantillons des pays à revenus bas et élevés, la prochaine étape est de procéder à des estimations en panel qui permet d'utiliser des instruments internes et, par le biais de la double dimension individuelle et temporelle, d'avoir une taille échantillonnale raisonnable pour ces deux groupes de pays qui sont pertinents pour la vérification de la prédiction théorique.

Ainsi, du fait des faiblesses des estimations en coupe, on procède de prime abord à des estimations en panel statique de pays en contrôlant pour les effets fixes spécifiques aux pays et au temps dans l'explication de la croissance. La méthode adoptée est celle de l'estimateur *within* avec des variables instrumentales³ pour des estimateurs convergents.

Dans un second temps, pour mieux pallier, d'une part, au problème de l'endogénéité, la causalité inverse et à d'éventuels biais comme ceux dus aux variables omises et de

3. La non disponibilité des données sur les dépenses publiques par niveau d'éducation sur toute la période de l'étude (1960-2010), étant disponibles à partir de 1998 dans la base de données sur le site de l'UNESCO, nous amène à considérer uniquement comme instruments les valeurs retardées du niveau d'éducation atteint comme le suggèrent Vandenbussche *et al.* (2006), tout en testant pour l'autocorrélation des erreurs.

sélection et, d'autre part, par l'usage d'instruments internes qu'elle permet, on procède à des estimations en panel dynamique de pays par la méthode des moments généralisés.

En effet, il existe communément deux grandes méthodes en panel dynamique utilisant les moments généralisés. La méthode d'Arellano-Bond (1991) utilisant le modèle en première différence permet de considérer l'ensemble des variables en niveau de la variable endogène retardée comme instruments. Soit pour $t = T$, on a le vecteur $(y_{j,1}, y_{j,2}, \dots, y_{j,T-2})$ d'instruments valides, ce qui est une grande amélioration par rapport à l'estimateur d'Anderson-Hsiao qui ne considère qu'un seul instrument (soit $y_{j,t-2}$ pour $t = T$)⁴. Cependant, tout comme l'estimateur d'Anderson-Hsiao, l'estimateur d'Arellano-Bond est convergent mais pose un problème d'efficacité (C. Araujo et al., 2008).

Ainsi, la méthode privilégiée dans ce mémoire est celle des GMM en système attribuée à Arellano-Bover (1995) et Blundell-Bond (1998). Essentiellement, en plus des hypothèses standards et celle sur les conditions initiales $y_{j,1}$, dans la méthode GMM en système, on impose à la série $y_{j,t}$ d'être stationnaire en moyenne. Le système formé par le modèle en niveau ajouté sur celui en première différence permet d'instrumenter les premières différences par les variables en niveau (mêmes instruments que Arellano-Bond) et d'instrumenter les variables en niveau par les variables en première différence. Le système GMM permet également d'améliorer sensiblement des estimateurs et de réduire le biais sur les échantillons avec T petit⁵ (C. Araujo et al., 2008).

4. Pour toute variable explicative $x_{j,t}$ ajoutée au modèle et corrélée avec l'écart aléatoire $\epsilon_{j,t}$, le vecteur des valeurs retardées $(x_{j,t-2}, x_{j,t-3}, \dots)$ sont des instruments valides de l'équation en première différence (C. Araujo et al., 2008). Ainsi, dans notre modèle les variables explicatives d'intérêt étant décalées d'une période, on utilisera leurs valeurs retardées $(x_{j,t-3}, x_{j,t-4}, \dots)$ comme instruments internes.

5. C'est le cas dans les échantillons utilisés dans ce mémoire avec $t = 1, 2, \dots, 10$ du fait des données par 5 ans d'intervalle sur la période 1960-2010.

CHAPITRE IV

PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS EMPIRIQUES

Ce chapitre présente les principaux résultats obtenus en coupe et en panel de pays en recourant à plusieurs méthodes d'estimation précédés des statistiques descriptives usuelles. Le tableau A-1 en annexe présente la liste des pays, classés selon leur niveau de revenu en 2010 par la Banque Mondiale, pour lesquels on utilise les données pour les estimations.

4.1 Les statistiques descriptives

Le tableau 4.1 présente les principales statistiques de la coupe transversale. Le taux de croissance de la PTF pour la période 1960-2010 est près de 1%, le 10ème percentile montre que 10% des pays (soit environ 9) ont un taux de croissance moyen inférieur à -0,31% tandis que pour le 90ème percentile soit dans 10% des cas il est supérieur à 2,11%. Le minimum obtenu pour cette variable est d'environ -1,17% (Niger) et une valeur maximale de 4,38% (Chine). Ce qui se traduit par une dispersion peu élevée des valeurs autour de la moyenne relativement aux autres variables. Les disparités les plus importantes sont observées dans les données sur la fraction de la population de 15-64 ans ayant atteint un niveau d'éducation non supérieur c'est-à-dire de niveau primaire et secondaire, le terme d'interaction entre ce niveau d'éducation et la proximité à la frontière, le taux d'inflation et le taux d'ouverture commerciale. La moyenne de la proximité à la frontière de la PTF mesurée en log est de -1,28 pour un maximum à 0 correspondant à celui des États-Unis d'Amérique et un minimum de -3,13 associé à la

Tableau 4.1 Statistiques descriptives de la coupe

Variable	Obs	Moyenne	Écart- type	Min	p10	p25	p75	p90	Max
g_j	91	0,99	1,018	-1,167	-0,31	0,299	1,667	2,112	4,387
a_j	91	-1,284	0,726	-3,134	-2,176	-1,916	-0,74	-0,381	0
PS_j	91	62,317	20,182	14,647	29,87	48,945	79,04	85,35	93,198
T_j	91	7,006	6,861	0,192	0,667	1,765	10,602	14,437	35,066
$a_j.PS_j$	91	-72,154	42,134	-218,779	-118,23	-92,856	-44,646	-29,088	0
$a_j.T_j$	91	-5,629	4,843	-27,953	-12,505	-7,298	-2,255	-1,102	0
Inf_j	91	23,369	59,463	1,409	3,604	4,996	12,144	36,128	389,914
$Gouv_j$	91	9,827	5,16	2,616	4,922	6,577	11,671	16,934	30,527
Ouv_j	91	60,733	36,887	15,713	25,541	33,866	77,022	104,102	233,856

Chine. La part moyenne de la population de 15-64 ans ayant une éducation non tertiaire est de 61,32% pour un minimum de 14,65% (Niger) et une valeur maximale de 93,19% (Trinidad) . La fraction moyenne de cette même population ayant atteint un niveau d'éducation supérieure ou tertiaire est de 7% avec un minimum de 0,19% (Mozambique) et un maximum de 35,06% (États-Unis d'Amérique). Il convient de remarquer que selon les données de notre échantillon, la Chine est le pays qui était initialement le plus éloigné (minimum de la variable proximité) de la frontière de la PTF c'est-à-dire du leader technologique (États-Unis d'Amérique) mais qui a obtenu le taux de croissance moyen de la PTF le plus élevé entre 1960 et 2010.

Le tableau A.2 en annexe présente différentes statistiques descriptives pour le panel de 91 pays et pour les trois autres échantillons correspondant aux pays à revenus élevés, à bas revenus et ceux à revenus moyens. Les mêmes disparités dans les données sont observées pour l'échantillon de l'ensemble des pays et les autres échantillons , sauf pour celui des pays à revenus élevés où elles sont moins grandes relativement aux autres pour la plupart des variables. Avant de présenter les résultats empiriques pour la coupe, nous procédons par une analyse graphique de la coupe.

4.2 Analyse des résultats en coupe transversale

Les graphes ci-après sont donc présentés pour l'échantillon de l'ensemble des pays. La figure 4.1 montre la relation entre le taux de croissance moyen de la PTF et la distance initiale (en 1960) à la frontière sur la période couverte par l'étude. Il semble apparaître une relation négative entre les deux variables, ce qui laisse suggérer que plus un pays est éloigné de la frontière plus il doit avoir une plus grande croissance de la PTF pour la rattraper.

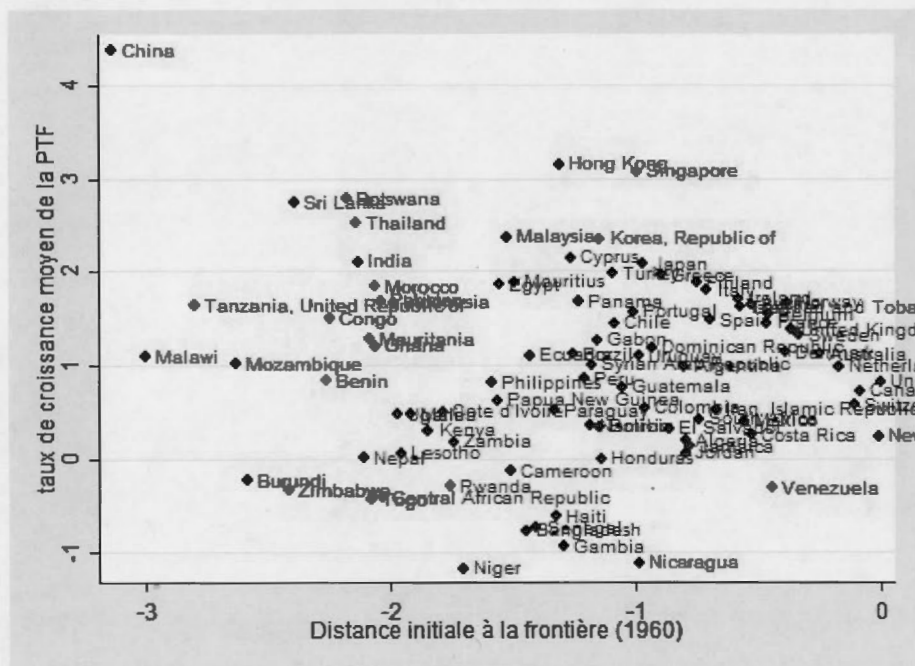
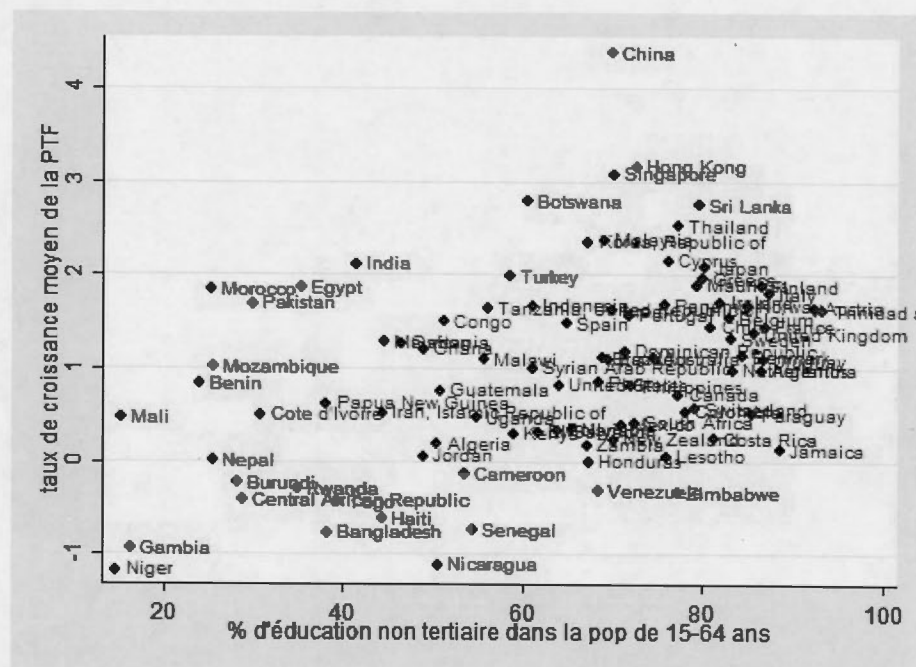


Figure 4.1 Taux de croissance moyen de la PTF et distance initiale à la frontière

La figure 4.2 montre clairement l'existence d'une relation positive entre la fraction de la population de 15-64 ans ayant un niveau d'éducation supérieure et le taux de croissance moyen de la productivité totale des facteurs en coupe de pays tandis que dans la figure 4.3 la relation positive est moins évidente entre l'éducation non supérieure et le taux

de croissance moyen de la productivité totale des facteurs. Ce qui laisse suggérer l'effet bénéfique que peut avoir l'éducation sur la croissance de la productivité totale des facteurs. La pertinence de ces corrélations dans le cadre de la prédiction théorique du modèle a été mise à l'épreuve dans ce mémoire et les résultats empiriques sont donc présentés en coupe puis en panel de pays.



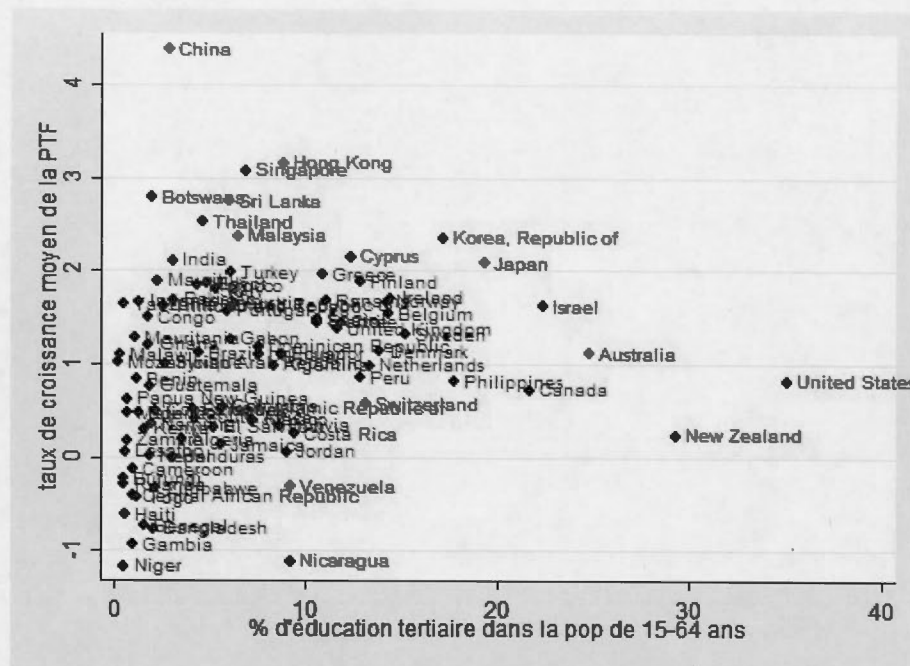


Figure 4.3 Taux de croissance moyen de la PTF et niveau d'éducation supérieure

et supérieure agissent positivement sur la croissance de la productivité totale des facteurs et sont statistiquement significatives au seuil de 1%. La proximité à la frontière technologique est négative et également significative au seuil de 1% en conformité avec la théorie sous-jacente.

En ajoutant les termes d'interaction entre la proximité à la frontière et les variables de composition du capital humain, les MCO montrent que l'éducation de niveau supérieur ou non est importante pour la croissance de la PTF et est encore statistiquement significative au seuil de 1%. Le coefficient estimé pour la variable de proximité est toujours significative et négative. Cependant, si le coefficient du terme d'interaction entre la proximité à la frontière et l'éducation de niveau primaire et secondaire est positif mais non significatif, celui avec l'éducation de niveau supérieur est négatif et significatif à 1%. La régression robuste atteste les mêmes résultats.

Tableau 4.2 Régression en coupe de pays

Variable	a_j	PS_j	T_j	$a_j.PS_j$	$a_j.T_j$	Obs	Prob(F-test)
MCO(1) ^a	-1,004 (0,167)***	0,026 (0,005)***	0,062 (0,016)***			91	0,000
MCO(2)	-1,246 (0,179)***	0,024 (0,005)***	0,121 (0,025)***	0,011 (0,007)	-0,066 (0,022)***	91	0,000
MMR(1)	-0,920 (0,183)***	0,034 (0,007)***	0,048 (0,015)***			91	-
MMR(2)	-1,186 (0,198)***	0,028 (0,008)***	0,122 (0,026)***	0,012 (0,011)	-0,072 (0,029)**	91	-

a. MCO = Moindres carrés ordinaires. MMR = Régression robuste aux points aberrants (MM-Estimateur). (1) = sans termes d'interaction, (2) = avec termes d'interaction. Les écarts-types sont entre (.). Un, deux et trois * correspondent respectivement à la significativité au seuil de 10%, 5% et 1%.

Comme on peut le remarquer si les résultats des régressions en coupe sur l'ensemble des pays permet de confirmer le rôle de l'éducation à tous les niveaux pour la croissance de la productivité totale des facteurs avec un effet plus important de l'éducation supérieure, l'interaction de l'éducation avec la proximité à la frontière ne semble pas tenir. Toutefois, loin d'infirmer ou de confirmer la théorie, cela nous amène à estimer le modèle sur les échantillons de pays selon leur niveau de développement comme le suggère la prédiction théorique. Cependant, la taille de l'échantillon pour les pays à revenus élevés et ceux à bas revenus (voir tab. A-1) étant assez faible, l'analyse en panel permet d'y remédier en faisant des régressions séparées sur ces deux échantillons qui sont pertinents pour la vérification empirique.

En outre, la non prise en compte de l'endogénéité des principaux régresseurs, de l'hétérogénéité inobservée entre les pays et des effets fixes de temps impliquent toute la pertinence de l'analyse en panel où nous pourrions également exploiter des instruments internes.

4.3 Analyse des résultats en panel

Dans cette section on procède d'abord par une analyse en panel avec des effets fixes puis en panel dynamique en utilisant respectivement l'estimateur *within* avec variables instrumentales et l'estimateur GMM en système d'Arellano-Bover (1995) et Blundell-Bond (1998).

4.3.1 Résultats en panel statique

Le tableau 4.3 présente les résultats empiriques en panel statique en tenant compte des effets fixes individuels et temporels pour l'ensemble des pays, les pays à revenus moyens et pour les deux échantillons qui sont vraiment concernés dans la prédiction théorique : les pays à revenus élevés et les pays à faibles revenus qui sont respectivement plus proches et plus distants de la frontière technologique.

Pour l'échantillon de tous les pays, la proximité à la frontière est négative et statistiquement significative en omettant le terme d'interaction et est négative et non significative en incluant le terme d'interaction. L'éducation non supérieure et supérieure sont non significatives en excluant la variable d'interaction mais sont toutes deux négatives et significatives dans l'explication de la croissance de la PTF respectivement à 5% et 10%. Dans l'échantillon des pays à revenus moyens, tous les paramètres estimés sont de signe contraire à ce qui est attendu mais aucun des paramètres n'est significatif.

Tableau 4.3 Régression en panel statique

	T(1) ^b	T(2)	E(1)	E(2)	B(1)	B(2)	M(1)	M(2)
$a_{j,t-1}$	-3,210 (0,840)***	-0,401 (1,603)	-5,156 (1,866)**	-5,150 (1,683)***	3,409 (3,434)	-1,650 (3,003)	3,210 (4,299)	0,673 (4,743)
$PS_{j,t-1}$	0,002 (0,017)	-0,095 (0,049)**			-0,006 (0,052)	0,032 (0,045)	-0,050 (0,080)	-0,158 (0,078)
$T_{j,t-1}$	-0,024 (0,053)	-0,414 (0,224)*	-0,017 (0,075)	0,015 (0,060)			-0,065 (0,199)	-0,157 (0,195)
$a_{j,t-1} \cdot PS_{j,t-1}$		-0,015 (0,017)				-0,105 (0,049)		0,120 (0,137)
$a_{j,t-1} \cdot T_{j,t-1}$		-0,245 (0,083)***		0,083 (0,111)				-0,306 (0,276)
Obs	591	591	179	179	124	124	170	129
Prob(F-test)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Prob (Sargan-test)	0,432	0,109	0,944	0,503	0,563	0,125	0,124	0,028

b. T = Tous les pays de l'échantillon. R = Pays à revenus élevés. B = Pays à bas revenus. M = Pays à revenus moyens. (1) = sans termes d'interaction, (2) = avec termes d'interaction. Les écarts-types sont entre (.). Un, deux et trois * correspondent respectivement à la significativité au seuil de 10%, 5% et 1%.

Ensuite, pour les deux principaux échantillons on a exclu l'une des deux variables de l'éducation non impliquée dans la prédiction théorique et le terme d'interaction correspondant pour réduire le risque élevé de multicollinéarité¹.

Les résultats au niveau des pays à revenus élevés confirme la prédiction voulant que pour les pays qui sont plus proches de la frontière le capital humain qualifié (éducation supérieure) améliore davantage la croissance, toutefois ce terme d'interaction est non significatif. La proximité à la frontière a le signe attendu et significatif. La variable éducation supérieure est positive en incluant le terme d'interaction dans la régression mais est non significative.

Pour l'échantillon des pays qui sont les plus éloignés de la frontière (pays à bas revenus), en intégrant le terme d'interaction, le coefficient rattaché à la proximité à la frontière est toujours significatif et de signe prédit mais l'éducation non supérieure bien qu'influençant positivement la croissance de la PTF a un paramètre estimé non significatif. Le paramètre estimé pour le terme d'interaction quant à lui est négatif allant à l'encontre de ce qu'envisage la théorie mais son coefficient est statistiquement non significatif. Dans tous les cas on a utilisé les variables retardées de 2 et 3 périodes comme instruments internes dans les régressions sans le terme d'interaction et de 2 à au plus 7 périodes avec le terme d'interaction. La validité des instruments internes est attestée par le test de suridentification de Sargan (sauf pour les pays à revenus moyens dans l'estimation avec le terme d'interaction).

Il convient de noter que les estimations sur le même échantillon de 19 pays de l'OCDE utilisés par Vandebussche et *al.* (2006), sur une période un peu plus longue (1960-2010), en remplaçant comme eux des effets fixes pays par des effets fixes en groupe de

1. On a utilisé la variance inflation factor (vif) pour la détecter. Dans toutes les régressions utilisant les termes d'interaction on a utilisé comme remède à la multicollinéarité les variables en écart par rapport à leur moyenne car le vif est > 10 (règle d'or). Toutefois les résultats « non reportés » ne diffèrent pas en utilisant des variables non centrées quant au signe et la significativité des coefficients estimés

pays confirme bien la théorie en panel statique. L'estimation en panel dynamique que n'ont pas utilisé ces auteurs permet d'aboutir à la même conclusion pour cet échantillon avec les deux mesures de la productivité totale des facteurs employées dans ce mémoire (tableau A-3)².

Mais, même en considérant de tels effets fixes sur un échantillon plus large de pays à revenus élevés l'estimation en panel statique ne permet pas tout à fait de confirmer la théorie. La prochaine étape consiste donc à considérer le modèle en dynamique où la variable dépendante retardée d'une période figure comme l'un des régresseurs dans la spécification du modèle (sous-sect. 3.3.2).

4.3.2 Résultats en panel dynamique

Le résultats en panel dynamique en utilisant la méthode des moments généralisés en système d'Arellano-Bover (1995) et Blundell-Bond (1998) qui permet entre autres (voir sect.3.4) par rapport à la méthode d'Arellano-Bond (1991) de considérer dans le modèle non seulement l'équation en première différence mais aussi d'ajouter une équation en niveau qui inclut également les effets fixes de temps.

Les résultats indiqués dans le tableau 4.4. nous montre que pour le premier des deux échantillons indispensables dans la vérification empirique (pays à revenus élevés) les coefficients des variables sans le terme d'interaction ont le signe prédit et sont statistiquement significatifs. En incluant ce terme d'interaction tous les estimés ont le signe annoncé par la théorie et sont tous significatifs au seuil de 1%.

Par contre, en considérant le deuxième échantillon indispensable (pays à bas revenus) aucune des variables n'est significative en intégrant le terme d'interaction. La variable éducation non supérieure a le signe contraire à celui qui est prédit. L'impact de l'éducation non supérieure sur la croissance de la PTF quand les pays sont éloignés de

2. Les résultats sont reportés dans l'annexe car le mémoire explore essentiellement l'implication de la théorie pour un échantillon plus grand de pays à revenus élevés et celui des pays à bas revenus

Tableau 4.4 Régression en panel dynamique

	T(1) ^c	T(2)	E(1)	E(2)	B(1)	B(2)	M(1)	M(2)
$a_{j,t-1}$	0,567 (0,683)	0,193 (0,326)	-4,308 (0,567)***	-4,326 (0,542)***	-3,712 (2,109)*	-0,971 (0,842)	-4,908 (2,624)*	-7,270 (2,376)***
$PS_{j,t-1}$	0,028 (0,017)*	0,022 (0,012)*			-0,004 (0,023)	-0,015 (0,016)	-0,048 (0,030)	-0,069 (0,040)*
$T_{j,t-1}$	-0,088 (0,041)**	-0,032 (0,029)	0,040 (0,016)**	0,054 (0,016)***			-0,030 (0,046)	-0,368 (0,215)*
$a_{j,t-1}.PS_{j,t-1}$		-0,011 (0,014)				0,006 (0,047)		-0,004 (0,036)
$a_{j,t-1}.T_{j,t-1}$		-0,035 (0,025)		0,108 (0,041)***				-0,544 (0,162)***
Obs	731	731	227	227	146	146	358	313
Prob(F-test)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Prob (Sargan-test)	0,604	0,078	0,125	0,092	0,232	0,066	0,199	0,156
Prob(AR(2))	0,597	0,641	0,819	0,305	0,892	0,627	0,066	0,279

c. T = Tous les pays de l'échantillon. E = Pays à revenus élevés. B = Pays à bas revenus. M = Pays à revenus moyens. (1) = sans termes d'interaction, (2) = avec termes d'interaction. Les écarts-types sont entre (.). Un, deux et trois * correspondent respectivement à la significativité au seuil de 10%, 5% et 1%.

la frontière technologique, exprimé par le terme d'interaction, est positif comme prévu dans la théorie mais son coefficient estimé est non significatif.

Il convient de faire remarquer que le test de Sargan ne rejette pas l'hypothèse nulle de validité des instruments et le test d'autocorrélation d'ordre 2 permet de rejeter l'hypothèse nulle de la corrélation des instruments internes avec le terme d'erreur dans toutes les estimations.

Ainsi, selon ce que révèlent les données provenant des deux principaux échantillons de pays, l'impact de l'éducation sur la croissance de la productivité totale des facteurs est contrastée selon que l'on soit un pays riche et donc proche de la frontière ou un pays pauvre avec un niveau de développement très loin du leader technologique mondial, en l'occurrence les États-Unis d'Amérique. Pour les pays à revenus élevés, une fraction de plus en plus grande de la population en âge de travailler (15-64 ans) avec un niveau d'éducation supérieur permet d'accroître la productivité totale des facteurs.

De plus comme le révèle le résultat pour le terme d'interaction avec la proximité à la frontière (0,108) quand un pays est déjà assez proche de la frontière technologique, donc avec un niveau de développement pas trop loin du leader technologique, l'impact de l'éducation supérieure sur la croissance de la productivité totale des facteurs est encore plus grand comme le prédit la théorie.

Ces résultats concordent bien avec ce qu'ont trouvé Vandenbussche, Aghion et Meghir (2006) pour un échantillon plus restreint de 19 pays de l'OCDE. Dans le cas des pays pauvres qui ont un niveau de développement éloigné du leader technologique, les prédictions pour l'éducation non supérieure et son interaction avec la proximité à la frontière technologique ne sont pas confirmées par les données.

L'ultime étape est de montrer que ces résultats tiennent en utilisant la deuxième mesure de la PTF correspondant exactement à la méthodologie utilisée dans l'article original.

4.4 Analyse de robustesse : principaux résultats avec la mesure alternative de la productivité totale des facteurs (PTF)

Le tableau 4.5 présente les principaux résultats obtenus en employant une mesure alternative de la productivité totale des facteurs pour vérifier la robustesse des résultats obtenus. En effet, comme dans la première mesure, pour l'échantillon de l'ensemble des pays la variable éducation non supérieure a un impact positif sur la croissance de la PTF mais non significatif, la variable éducation supérieure a un impact négatif mais non plus significatif. Par contre, l'interaction entre cette dernière variable et la proximité à la

Tableau 4.5 Régression en panel dynamique - 2ème mesure de la PTF

	T(1) ^d	T(2)	E(1)	E(2)	B(1)	B(2)	M(1)	M(2)
$a_{j,t-1}$	2,093 (1,423)	0,287 (0,396)	-5,019 (0,998)***	-5,943 (0,957)***	4,142 (3,226)**	4,581 (2,735)*	-0,968 (1,568)*	-1,842 (2,388)
$PS_{j,t-1}$	0,004 (0,029)*	0,026 (0,013)**			-0,098 (0,041)**	-0,072 (0,040)*	0,038 (0,043)	0,014 (0,044)
$T_{j,t-1}$	-0,186 (0,086)**	-0,042 (0,031)	0,036 (0,021)*	0,068 (0,022)***			0,039 (0,076)	-0,208 (0,187)
$a_{j,t-1} \cdot PS_{j,t-1}$		0,021 (0,013)				-0,077 (0,057)		0,027 (0,043)
$a_{j,t-1} \cdot T_{j,t-1}$		-0,066 (0,027)**		0,196 (0,055)****		-0,520 (2,067)		-0,148 (0,125)
Obs	637	637	182	182	140	140	315	315
Prob(F-test)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Prob								
(Sargan-test)	0,101	0,142	0,123	0,324	0,230	0,089	0,164	0,006
Prob(AR(2))	0,479	0,511	0,477	0,189	0,295	0,278	0,207	0,220

d. T = Tous les pays de l'échantillon. E = Pays à revenus élevés. B = Pays à bas revenus. M = Pays à revenus moyens. (1) = sans termes d'interaction, (2) = avec termes d'interaction. Les écarts-type sont entre (.). Un, deux et trois * correspondent respectivement à la significativité au seuil de 10%, 5% et 1%.

frontière a un impact négatif et significatif au seuil de 5%.

En ce qui concerne les deux échantillons qui nous préoccupent, on obtient les mêmes résultats quant à la significativité et le signe prédit pour toutes les variables dans le cas des pays à revenus élevés. Pour les pays à bas revenus, le résultat est un peu différent pour la variable proximité et l'éducation non supérieure où les signes sont contraires à ceux prédits et les paramètres estimés ne sont statistiquement significatifs qu'au seuil de 10% en ajoutant le terme d'interaction dans la régression qui est lui-même toujours non significatif.

Enfin, ces résultats montrent bien que la théorie se restreignant sur les pays à revenus élevés de notre échantillon semble se confirmer. A l'opposé, pour les pays à bas revenus qui sont des pays relativement loin de la frontière technologique et donc du leader technologique, les données utilisées dans ce mémoire semble infirmer la théorie. Cependant, ce dernier résultat ne permet pas de conclure que l'éducation n'est pas importante pour la croissance de la PTF pour les pays les plus pauvres.

S'il est vrai que les auteurs eux mêmes qui ont élaboré la théorie soutiennent dans la troisième partie de leur article que ses mécanismes peuvent ne pas bien jouer leur rôle pour cette catégorie de pays, s'il est aussi vrai qu'on peut questionner la qualité des données relatives à ces pays et bien d'autres facteurs comme la qualité de l'éducation, il paraît évident qu'il y a un vide théorique à pouvoir saisir les spécificités propres au contexte des évolutions macroéconomiques dans ces pays. Il y a de la place pour de plus ample recherche tant théorique qu'empirique dans le domaine du capital humain et de la croissance.

CONCLUSION

La relation entre le capital humain et la croissance est l'objet de plusieurs études empiriques depuis déjà plusieurs décennies. Cependant, si on admet *a priori* qu'un capital humain de plus en plus qualifié a des effets bénéfiques sur l'économie et l'ensemble de la société, un consensus est loin d'être dégagé sur son impact sur la croissance. Dans le contexte de ces controverses comme celle soulevée par Krueger et Lindahl (2001) qui trouvait une relation non significative entre la croissance et le capital humain pour les pays de l'OCDE, Vandenbussche, Aghion et Meghir (2006) a démontré pour un échantillon de ces dits pays, sur la période 1960-2000, qu'en désagrégeant le capital humain pour le faire interagir avec la proximité à la frontière et en tenant compte des effets fixes en groupe de pays que le capital humain qualifié (éducation supérieure) est favorable à la croissance de la productivité totale des facteurs.

Cette étude est appuyée par un modèle théorique qui prédit principalement que plus un pays est proche de la frontière technologique, plus l'impact du capital humain qualifié est fort sur la croissance. Cette complémentarité entre le capital humain et la proximité à la frontière est encore plus grande quand la variable de capital humain considérée représente la fraction qualifiée de la force de travail. De manière équivalente, pour un pays qui est éloigné de la frontière technologique, l'impact positif du capital humain non qualifié est plus important sur la croissance. Les pays qui sont proches de la frontière allouent de plus en plus leur dotation en ressources dans des activités d'innovation qui requièrent davantage de travailleurs qualifiés pour atteindre ou faire avancer la frontière. Inversement les pays qui en sont trop éloignés doivent allouer leurs ressources dans des activités d'imitation ou d'adoption de technologie développée ailleurs.

Ainsi, ce mémoire cherchait à vérifier la pertinence empirique de telles prédictions sur un échantillon élargi de 91 pays dont 26 pays à revenus élevés et 20 à bas revenus,

les deux groupes de pays concernés directement par l'énoncé théorique sur un horizon également un peu plus long (1960-2010) en régressant le taux de croissance moyen de la productivité totale des facteurs sur la proximité à la frontière, les variables de capital humain mesurées en termes de fraction de la population en âge de travailler ayant atteint un certain niveau d'éducation et les termes d'interaction entre la variable proximité et ces proxies du capital humain en contrôlant pour certaines variables.

Après les premières régressions en coupe transversale, le passage en panel de pays nous a permis aussi de tenir compte des effets fixes individuels et de temps pouvant agir sur la croissance. Donc, la question de recherche consistait à considérer si, au regard des différences entre les pays et le leader au niveau du développement technologique, la composition du capital humain est le moyen par lequel l'éducation influence positivement la croissance de la productivité totale des facteurs (PTF).

Pour arriver à répondre à cette question, on a procédé d'abord à des estimations en coupe sur l'ensemble des 91 pays par les moindres carrés ordinaires en tenant compte des points aberrants et en comparant ces résultats obtenus avec ceux d'une méthode d'estimation robuste à la présence de tels points dans les données. Puis, entre autres, à cause de la limitation de la coupe transversale sur l'intégralité de l'échantillon à tester la théorie, l'investigation empirique est axée en panel de pays sur deux échantillons fondamentaux : les pays à revenus élevés qui ont une productivité totale des facteurs relativement plus élevée que les autres et les pays à bas revenus qui ont une PTF relativement plus faible.

De prime abord en panel statique pour suivre la méthodologie employée dans l'article original et ensuite en panel dynamique au-delà du cadre de cet article. L'estimateur *within* avec variables instrumentales est appliqué dans le premier cas et l'estimateur système GMM d'Arellano-Bover (1995) et Blundell-Bond (1998) dans le second cas sur des données provenant de trois sources différentes : la Penn World Table 7.1, les données de Barro et Lee (2010) sur l'éducation et le World Development Indicators (2013).

Les principaux résultats obtenus sur les deux principaux échantillons confirme la prédiction théorique pour le groupe de pays à revenus élevés et l'infirmes dans le cas des pays à faibles revenus. En d'autres termes, pour les pays à revenus élevés et qui sont aussi plus proches de la frontière technologique le capital humain qualifié mesuré par l'éducation supérieure ou tertiaire est plus importante pour la croissance de la PTF car elle permet d'innover à la frontière. Cette dynamique de l'innovation permet également de faire progresser la frontière technologique quand ces pays allouent de plus en plus leurs ressources dans des activités d'innovation de technologie plutôt que d'imitation. Parallèlement, il n'est pas du tout judicieux de conclure que pour les pays à bas revenus le capital humain n'importe pas pour la croissance.

En effet, les auteurs Vandebussche, Aghion et Meghir (2006) reconnaissent que leur théorie est moins susceptible de fonctionner dans la catégorie des pays à bas revenus qui sont spécialisés dans des activités d'imitation de technologie. Cette précaution semble indiquer qu'on doit investiguer davantage pour saisir dans d'autres mécanismes théoriques les spécificités propres à ces pays au-delà de la question de l'allocation de la dotation des ressources de ces pays dans l'imitation.

En dépit de cela des résultats obtenus par d'autres études (comme Islam, 2009) sur des échantillons légèrement différents et des bases de données autres que celles de Barro et Lee (2010) tendent à attester la prédiction théorique même pour les pays à bas revenus. De façon sous-jacente, il semble que la faible qualité des données dans cette catégorie de pays et les différences dans la méthodologie utilisée par les auteurs pour mesurer le capital humain et donc le risque potentiel de plus ou moins grande erreur de mesure dans ces données peut jouer sur la corrélation entre l'éducation et la croissance dans ces pays.

En outre, d'autres peuvent se préoccuper également sur la qualité de l'éducation elle-même dans ces pays pauvres par rapport à ces pays à revenus élevés où les dépenses en éducation tant privées que publiques combinées à d'autres facteurs et mesures de politiques publiques comme celles touchant la recherche et le développement, les réformes de

l'éducation peuvent être d'une grande pertinence quand on étudie l'impact de l'éducation sur la croissance.

APPENDICE A

LISTE DES PAYS UTILISÉS DANS L'ANALYSE EMPIRIQUE

Tableau A.1 Classification des pays de l'échantillon en 2010

Pays à revenus élevés(26)	Pays à bas revenus(20)	Pays à revenus moyens(45)	
OCDE(21)	Bas revenus	Tranche sup.(21)	Tranche inf.(24)
Australie	Bangladesh	Afrique du Sud	Bolivie
Autriche	Bédin	Algérie	Cameroun
Belgique	Burundi	Argentine	Chine
Canada	Gambie	Botswana	Congo
Danemark	Ghana	Brésil	Côte d'Ivoire
Espagne	Haïti	Chili	Egypt
États-Unis	Kenya	Colombie	Equateur
Finlande	Malawi	Costa Rica	Guatemala
France	Mali	Gabon	Honduras
Grèce	Mauritanie	Iran	Inde
Hollande	Mozambique	Jamaïque	Indonésie
Ireland	Nepal	Malaisie	Jordanie
Italie	Niger	Maurice	Lesotho
Japon	République Centrafricaine	Mexique	Maroc
Norvège	Rwanda	Namibie	Nicaragua
Nouvelle Zélande	Tanzanie	Panama	Pakistan
Portugal	Togo	Pérou	Papouasie-Nouvelle-Guinée
République de Corée	Uganda	République Dominicaine	Paraguay
Royaume Uni	Zambie	Turquie	Philippines
Suède	Zimbabwe	Uruguay	Salvador
Suisse		Venezuela	Sénégal
Non OCDE(5)			Sri Lanka
Chypre			Syrie
Hong Kong			Thailand
Israël			
Singapour			
Trinidad et Tobago			

APPENDICE B

STATISTIQUES DESCRIPTIVES DU PANEL ET RÉSULTATS DES
RÉGRESSIONS EN PANEL DYNAMIQUE POUR 19 PAYS DE L'OCDE

Tableau B.1 Statistiques descriptives du panel

Tous les pays(91)						Pays à revenus élevés(26)				
Variable	Obs	Moy.	Écart -type	Min	Max	Obs	Moy.	Écart -type	Min	Max
$g_{j,t}$	910	0,973	2,893	-19,446	13,121	260	1,662	2,264	-7,237	13,121
$a_{j,t-1}$	910	-1,246	0,814	-3,261	0,075	260	-0,336	0,284	-1,358	0,075
$PS_{j,t-1}$	910	61,473	23,684	1,609	97,553	260	79,541	10,882	47,998	97,553
$T_{j,t-1}$	910	6,412	7,857	0,000	49,481	260	13,216	10,041	0,878	49,481
$a_{j,t-1} \cdot PS_{j,t-1}$	910	-66,032	46,967	-279,98	6,381	260	-26,328	21,609	-111,02	6,381
$a_{j,t-1} \cdot T_{j,t-1}$	910	-4,291	5,273	-47,274	1,294	260	-3,163	3,127	-18,619	1,294
$Inf_{j,t}$	789	23,360	131,32	-3,016	2414,3	250	6,619	12,931	-2,270	177,53
$Gouv_{j,t}$	910	9,837	5,833	0,412	42,337	260	7,742	2,806	1,999	21,994
$Ouv_{j,t}$	910	60,273	43,592	4,826	418,91	260	61,815	58,366	4,826	418,91
Pays à bas revenus(20)						Pays à revenus moyens(45)				
$g_{j,t}$	200	0,00007	3,127	-19,446	9,175	450	1,008	2,993	-13,848	12,908
$a_{j,t-1}$	200	-2,268	0,415	-3,212	-1,291	450	-1,318	0,518	-3,261	0,031
$PS_{j,t-1}$	200	37,782	21,605	1,609	92,426	450	61,563	20,526	5,840	95,874
$T_{j,t-1}$	200	0,911	0,934	0,000	3,866	450	4,925	4,894	0,049	27,187
$a_{j,t-1} \cdot PS_{j,t-1}$	200	-87,828	55,028	-279,98	-3,391	450	-79,285	39,420	-213,53	0,934
$a_{j,t-1} \cdot T_{j,t-1}$	200	-2,077	2,193	-9,355	0,000	450	-5,926	6,552	-47,274	0,062
$Inf_{j,t}$	150	16,991	33,851	-3,016	302,12	389	36,575	184,67	-1,101	2414,35
$Gouv_{j,t}$	200	13,683	7,479	0,412	42,337	450	9,339	5,493	2,383	41,936
$Ouv_{j,t}$	200	45,626	22,294	10,586	147,79	450	65,892	39,155	7,925	204,90

Tableau B.2 Régression en panel dynamique pour 19 pays de l'OCDE

Variable	$a_{j,t-1}$	$T_{j,t-1}$	$a_{j,t-1}.T_{j,t-1}$	Obs	Prob (F-test)	Prob (Sargan-test)	Prob (AR(2))
Sans interaction ^a	-5,440 (1,387)***	0,048 (0,014)**		167	0,000	0,100	0,974
Avec interaction	-5,167 (1,057)***	0,069 (0,016)***	0,193 (0,067)***	167	0,000	0,070	0,798

a. Les écarts-types sont entre (.). Un, deux et trois * correspondent respectivement à la significativité au seuil de 10%, 5% et 1%.

BIBLIOGRAPHIE

- Aghion, Phillipe, et Peter Howitt. 2000. *Théorie de la croissance endogène*. Paris : Dunod.
- Aghion, Phillipe, et Élie Cohen. 2004. *Éducation et croissance*. Rapport en collaboration avec Éric Dubois et Jérôme Vandenbussche. Paris : La Documentation Française.
- Aghion, Philippe, et Peter Howitt (avec la collaboration de Leonardo Burszty). 2010. *L'Économie de la croissance*. Traduit de l'américain par Wilfried Koch. Collection Corpus Économie. Paris : Economica.
- Aghion, Philippe, Leah Boustan, Caroline Hoxby et Jérôme Vandenbussche. 2005. « Exploiting States' mistakes to identify the causal effect of higher education on growth ». *Mimeo, Harvard University*.
- Aghion, Philippe, Leah Boustan, Caroline Hoxby et Jerome Vandenbussche. 2009. « The causal impact of education on economic growth : evidence from the United States ». *Brookings Papers, Conference Draft*.
- Anderson, T. W., et C. Hsiao. 1981. « Estimation of dynamic models with error components ». *Journal of the American Statistical Association*, 76, p. 598-606.
- Anderson, T. W., et C. Hsiao. 1982. « Formulation and estimation of dynamic models using panel data ». *Journal of Econometrics*, 18, p. 47-82.
- Araujo, Claudio, Jean-François Brun et Jean-Louis Combes. 2008. *Économétrie*. 2^e éd. Paris : Éditions Bréal.
- Arellano, Manuel, et Stephen Bond. 1991. « Some tests of specification for panel data : Monte Carlo evidence and an application to employment equations ». *Review of Economic Studies*, 58, p. 277-297.
- Arellano, Manuel, et O. Bover. 1995. « Another look at the instrumental variables estimation of error-component models ». *Journal of Econometrics*, 68, p. 29-51.
- Azariadis C., et Drazen A. 1990. « Threshold externalities in economic development ». *Quarterly Journal of Economics*, 105(2), p. 501-526.
- Barro, Robert. 1999. « Human capital and growth in cross-country regressions ». *Swedish Economic Policy Review*, 6(2), p. 237-277.

- Barro, Robert, et Jong-Wha Lee. 2010. « A new data set of educational attainment in the world, 1950-2010 ». *NBER working paper*, no 15902.
- Barro, Robert, et X. Sala-i-Martin. 1995. *Economic growth*. New York : Mac Graw-Hill.
- Becker, Gary. 1964. *Human capital : A theoretical and empirical analysis, with special reference to education*. Chicago : University of Chicago Press.
- Becker, Gary. 1975. *Human capital : A theoretical and empirical analysis*. New York : Columbia University Press et National Bureau of Economic Research.
- Becker, Gary, K. Murphy, et R. Tamura. 1990. « Human capital, fertility and economic growth ». *Journal of Political Economy*, 98, no 2, p. 513-537.
- Benhabib, J., et M. Spiegel. 1994. « The role of human capital in economic development : evidence from aggregate cross-country data ». *Journal of Monetary Economics*, 34(2), p. 143-174.
- Bils, M., et P. Klenow. 2000. « Does schooling cause growth ». *American Economic Review*, 90, p. 1160-1183.
- Blundell, et Stephen Bond. 1998. « Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models ». *Journal of Econometrics*, vol. 87, p. 115-143.
- Caselli, Francesco 2005. « Accounting for cross-country income differences ». *Handbook of economic growth de Philippe Aghion et Steven Durlauf*, vol. 1, chapitre 9, p. 679-741 Elsevier.
- Caselli, Francesco, et Wilbur John Coleman II. 2006. « The world technology frontier ». *The American Economic Review*, vol. 96, no 3, p. 499-522.
- Edgeworth, F. Y. 1887. « On observations relating to several quantities ». *Hermathena* 6, p. 279-285.
- Gerschenkron, Alexander. 1962. *Economic Backwardness in Historical Perspective : A book of essays*. Belknap Press of Harvard University Press.
- Glomm G., et B. Ravikumar 1992. « Public versus private investment in human capital, endogenous growth and income inequality ». *Journal of Political Economy*, 100, p. 813-834.
- Heston, Alan, Robert Summers and Bettina Aten. 2012. « Penn World Table Version 7.1 ». *Center for International Comparisons of Production, Income and Prices, University of Pennsylvania*.
- Islam, Rabiud. 2009. « Composition of human capital, distance to frontier and productivity growth ». *Conference paper, University of Adelaide, south Australia*.
- Krueger, Alan B., et Mikael Lindahl. 1999. « Education for growth in Sweden and the world ». *Swedish Economic Policy Review*, 6(2), p. 289-339.

- Krueger, Alan B., et Mikael Lindahl. 2001. « Education for growth : why and for whom ? ». *Journal of Economic Literature*, vol. 39, p. 1101-1136.
- Lucas, Robert. 1988. « On the mechanics of economic development ». *Journal of Monetary Economics*, 22, p. 3-42.
- Mankiw, Gregory, David Romer, et David Weil. 1992. « A contribution to the empirics of economic growth ». *Quarterly Journal of Economics*, 107, p. 407-438.
- Mincer, Jacob. 1958. « Investment in Human Capital and personal income distribution ». *Journal of Political Economy*, 66(4), p. 281-302.
- Nelson Richard R., Phelps Edmund S. 1966. « Investment in humans, technological diffusion and economic growth ». *American Economic Review*, vol. 56, no 1/2, p. 69-75.
- Pritchett, L. 2001. « Where has all the education gone ». *The World Bank Economic Review*, vol. 15, no 3, p. 367-391.
- Roodman, David. 2009. « How to do xtabond2 : An introduction to difference and system GMM in Stata ». *The Stata Journal*, vol. 9, no 1, p. 86-136.
- Romer, Paul M. 1990a. « Endogenous technological change ». *Journal of Political Economy*, vol. 98, no 5, p. S71-S102.
- Romer, Paul M. 1990b. « Human capital and growth : Theory and evidence ». *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 32, p. 251-286.
- Schultz, T.W. 1961. « Investment in human capital ». *American Economic Review*, 51(1), p. 1-17.
- Schumpeter, Joseph A. 1934. *The theory of economic development*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Vandenbussche, Jerome, Philippe Aghion et Costas Meghir. 2006. « Growth, distance to frontier and composition of human capital ». *Journal of Economic Growth*, 11, p. 97-127.
- Verardi, Vincenzo, et Christophe Croux. 2009. « Robust regression in Stata ». *The Stata Journal*, vol. 9, no 3, p. 439-453.
- World Bank. 2013. *World development indicators*.
- Yohai, V. J. 1987. « High breakdown-point and high efficiency robust estimates for regression ». *Annals of Statistics* 15, p. 642-656.